

**Scientific Electronic Archives**

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 16 (5)

May 2023

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/16520231664>

Article link: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1664>



Uso de bioestimulantes na cultura do milho (*Zea mays* L.): Uma revisão

Use of biostimulants in corn (*Zea mays* L.): A review

*Corresponding author*

**João Henrique Barbosa da Silva**

Universidade Federal da Paraíba

[henrique485560@gmail.com](mailto:henrique485560@gmail.com)

**Antônio Veimar da Silva**

Universidade Federal da Paraíba

**Carla Michelle da Silva**

Universidade Federal de Viçosa

**Talita Regina Veloso Ribeiro Gomes**

Universidade Federal da Paraíba

**Vanderléia Fernanda dos Santos Araújo**

Universidade Federal da Paraíba

**Jéssica Sousa Nóbrega**

Universidade Federal da Paraíba

**José Luiz Carneiro da Silva**

Universidade Federal do Agreste de Pernambuco

**Victor Correia de Melo Ferreira Dantas**

Instituto de Educação e Inovação

**José Artur Silva**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido

**Augusto Oliveira Guedes Soares**

Faculdades Nova Esperança

**Adriano Salviano Lopes**

Universidade Federal da Paraíba

**Márcia Paloma da Silva Leal**

Universidade Federal da Paraíba

**Resumo.** O milho (*Zea mays* L.), é uma cultura de grande importância para o mundo. Dentre os grandes produtores dessa commodity, destaca-se os Estados Unidos, China e Brasil. Visto o alto valor comercial do milho, tecnologias vem sendo empregadas no processo de produção, como a utilização de bioestimulantes. Nesse sentido, esse estudo objetivou revisar o conhecimento atual sobre os efeitos dos bioestimulantes na cultura do milho, em especial, o extrato

de algas e extrato pirolenhoso, destacando a resposta direta ou indireta do vegetal quando utilizado esses tipos de substâncias. Diversos estudos de pesquisa já enfatizam a relevância do potencial de algas para uma melhor eficiência na produção agrícola, sendo fortes influenciadores ativos no crescimento da planta, visto sua aptidão de produzir ou interagir com os fitohormônios da planta, proporcionando ainda, um melhor desenvolvimento do sistema, maior vigor e aumento da produtividade. Por sua vez, o extrato pirolenhoso é um produto natural obtido da queima da madeira e utilizado como condicionador do solo, indutor de enraizamento, repelente de insetos pragas e outras funções que diminuem a utilização de defensivos agrícola no sistema de cultivo, sendo um bioestimulante com forte tendência no mercado. Os bioestimulantes apresenta-se como um potencial insumo alternativo para o incremento no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho, contudo, entende-se que novas pesquisas são necessárias, com o intuito de fornecer melhores informações de interesses agrônômicos.

**Palavras-chaves** Extratos vegetais, Nutrição, *Zea mays* L.

**Abstract.** Corn (*Zea mays* L.) is a crop of great importance to the world. Among the major producers of this commodity, the United States, China and Brazil stand out. Given the high commercial value of corn, technologies have been used in the production process, such as the use of biostimulants. In this sense, this study aimed to review the current knowledge about the effects of biostimulants on corn, in particular, algae extract and pyroligneous extract, highlighting the direct or indirect response of the plant when these types of substances are used. Several research studies have already emphasized the relevance of algae potential for better efficiency in agricultural production, being strong active influencers on plant growth, given their ability to produce or interact with plant phytohormones, providing even better system development, greater vigor and increased productivity. In turn, the pyroligneous extract is a natural product obtained from the burning of wood and used as a soil conditioner, rooting inducer, insect pest repellent and other functions that reduce the use of agricultural pesticides in the cultivation system, being a biostimulant with strong trend in the market. Biostimulants are presented as a potential alternative input to increase the growth and development of maize plants, however, it is understood that further research is necessary, in order to provide better information of agronomic interests.

**Keywords:** Plant extracts, Nutrition, *Zea mays* L.

### Contextualização e Análise

O milho (*Zea mays*), é uma cultura de alta relevância econômica e social para o mundo, sendo cultivado em diversos países do planeta, servindo como alimentação humana, animal e na geração de biocombustível (Embrapa, 2019). Essa commodity apresenta características de estudo bastante instigante, de modo que oferece base para avanços futuros (Silva Pinheiro et al., 2021), se tornando um alimento básico com produção total superando o trigo e o arroz (Rehman et al., 2021), sendo a terceira cultura de cereais mais importante do mundo (Ali et al., 2020a; Adnan & Bilal, 2020; Asif et al., 2020). Dentre os maiores produtores, destacam-se os Estados Unidos, China e Brasil, que em consonância, produziram 64% do 1,11 bilhão de toneladas na safra 2019/20 (Conab, 2020). Por sua vez, o Brasil na safra 2020/21 obteve 18.482,4 mil ha<sup>-1</sup> de área plantada, 5.690 Kg ha<sup>-1</sup> de produtividade e produção de 105.167,2 mil toneladas (Conab, 2020).

No território brasileiro, essa cultura tem maior concentração nas regiões Centro Oeste, Sul e Sudeste, respectivamente (Eicholz et al., 2020). Na safra 2021/22, a área plantada de milho chegou a marca dos 21.238,9 milhões de hectares, uma variação positiva comparado a safra anterior, com uma produção de 115.602,1 milhões de toneladas (Conab, 2021). Para se obter rendimentos elevados, alguns fatores precisam ser adequados para otimização da cultura, como por exemplo, as condições edafoclimáticas e em especial o manejo utilizado em todo o ciclo do vegetal (Janini et al., 2022).

Assim, visto o alto potencial dessa cultura, novas tecnologias vem sendo utilizadas para o

processo de produção, como o uso de bioestimulantes, sendo uma estratégia promissora que vem atingindo espaço na agricultura nos últimos anos (Pereira & Simonetti, 2021). Os bioestimulantes tem função de aliviadores de estresses, visto apresentarem substâncias como hormônios, nutrientes, reguladores vegetais e vitaminas, o que auxilia no bom crescimento e desenvolvimento da planta (Kovalski, 2020; Araújo et al., 2021). Com isso, a utilização de substâncias com ação bioestimulantes se torna uma opção viável para contribuição na mitigação dos efeitos negativos que prejudica o ciclo da cultura, principalmente pelos agentes abióticos (Silva Cavalcante et al., 2020).

Dessa forma, os bioestimulantes demonstram importância por apresentar uma abordagem inovadora na agricultura, modificando e regulando os processos fisiológicos das plantas, por intermédio do estímulo do crescimento, aumento da produção da cultura e minimização dos estresses gerados pelo ambiente em que estão inseridas (Silva et al., 2021), além de promoverem a diminuição dos impactos negativos à agricultura (Duarte et al., 2021).

O conhecimento sobre os potenciais efeitos dos biorreguladores vem se abrangendo cada vez mais, de modo a elucidar seus benefícios para os vegetais, em que pesquisas como as realizadas por Du Jardin (2015) e Colla et al. (2015), já mostram as vantagens dessas substâncias de modo expressivo, tornando-os de interesse agrônômico. Existem diversas composições de estimulantes vegetais, dentre elas, observa-se os extratos de algas (Rodrigues et al., 2015), extratos pirolenhosos

(Oramahi et al., 2018) e Stimulate® (Zago et al., 2018).

Percebendo-se à importância dos bioestimulantes para a agricultura, objetivou-se com esse estudo revisar o conhecimento atual sobre os efeitos dos bioestimulantes na cultura do milho, em especial, o extrato de algas e extrato pirolenhoso, destacando a resposta direta ou indireta do vegetal quando utilizado esses tipos de substâncias. Além disso, apresentaremos a relevância desses produtos para uma agricultura sustentável, minimizando os danos ocasionados pelo uso excessivo de produtos agrícolas que prejudicam os ambientes de cultivo.

#### *Bioestimulantes e sua importância para a cultura do milho*

A utilização de bioestimulantes na agricultura vêm se mostrando como uma tecnologia de alto potencial no aumento da produtividade das culturas, em especial, a do milho (*Zea mays* L.) (Silva, 2018), em que são substâncias naturais utilizadas nos vegetais que provocam mudanças no seu metabolismo, influenciando nos processos de germinação, enraizamento, florescimento, frutificação e senescência, visando maior rendimento das plantas cultivadas.

Os bioestimulantes são definidas como quaisquer substâncias ou microrganismos capazes de ajudar na melhoria e eficácia nutricional, suportar os estresses edafoclimáticos e incrementar os cultivos, independentemente do conteúdo nutricional (Nardi et al., 2016), sendo um produto obtido através de diferentes materiais orgânicos e conhecidos por oferecer uma agricultura mais sustentável e com menos agressão ao meio ambiente (Stadnik et al., 2017). Além disso, é um produto cuja classificação denota como regulador de crescimento, atuando no crescimento e desenvolvimento da planta, tendo em sua composição aminoácidos, nutrientes, vitaminas e algumas algas marinhas, altamente utilizados na agricultura, possibilitando ao vegetal maior quantidade de nutrientes e água, melhorando sua absorção e qualidade (Peruchini & Rupollo, 2020), sem a utilização de produtos que nocivos no ciclo da cultura.

Dentre os principais participantes do mercado mundial de bioestimulantes, destaca-se à União Européia; América do Norte; região da Ásia e Pacífico e, América Latina, com (42, 22, 20 e 13%), respectivamente (Peruchini & Rupollo, 2020). Segundo os mesmos autores, na Europa, o valor de mercado dos bioestimulantes ultrapassa os 800 milhões de Euros, com capacidade de aumento anual em torno de 10%, sendo a França, Itália e Espanha os países com liderança desse tipo de produção na Europa. Na América Latina, esse mercado tem crescimento que chega a 14% anualmente, alcançando valores que superam a marca dos 320 milhões de dólares (Peruchini & Rupollo, 2020). Segundo dados da European Biostimulants Industry Council – EBIC, o

Brasil e Argentina são os países que concentram esse mercado.

Percebe-se, então, que a aplicação de bioestimulantes nas plantas as leva a um melhor aproveitamento de nutrientes em seus tecidos, com alterações metabólicas benéficas ao vegetal. Nesse sentido, a procura por bioestimulantes se tornou um foco de interesse científico (Nardi et al., 2016), refletindo assim, uma tendência de crescimento para o setor agropecuário sustentável. Buchelt et al. (2019), ao estudarem a aplicação de bioestimulantes ProGibb 400® e Stimulate® na germinação e desenvolvimento inicial da cultura do milho, constataram resultados interessantes, visto apontarem um aumento de comprimento e a massa seca da parte aérea no início do desenvolvimento da cultura.

Francischini et al. (2018), ao avaliarem a eficiência de bioestimulantes na presença e ausência de fungicida para os caracteres agrônômicos e econômicos na cultura do milho verde, observaram resultados promissores, visto observarem incrementos de ganho de peso de espigas verdes sem a utilização de fungicidas. Não obstante, Tejada et al. (2018), avaliando os efeitos da adubação foliar de um bioestimulante na produtividade do milho, constataram resultados positivos no aumento significativo da nutrição da cultura, o que ocasionou em um bom rendimento e qualidade dos grãos, aumentando, por conseguinte, a produtividade.

Diante disso, a seguir serão apresentados resultados de pesquisas que investigaram os efeitos de diferentes tipos de bioestimulantes, em especial, o extrato de algas e extrato pirolenhoso, retratando sua importância e aplicação nas culturas agrícolas, em especial, a do milho. Assim, tais comprovações poderão contribuir no processo de tomada de decisão pelos produtores em utilizar, ou não, essa forma de adubação.

#### *Extrato de Algas*

As algas são espécies que completam seu ciclo em ambientes marinhos com alta quantidade de sais, desempenhando funções importantes nesses ecossistemas (Silva Cavalcante et al., 2022). Esse tipo de espécie apresenta estratégias de defesa para sua sobrevivência, que são estruturas complexas com eficiente aptidão de produção de um amplo número de compostos metabólicos (Rodrigues, 2015). Na agricultura, esses organismos são utilizados como matéria-prima de bioestimulantes, sendo justificado pelo fato de serem aptos a sintetizar compostos como esteroides, ácidos graxos, aminoácidos, pigmentos, fitormônios, macronutrientes, micronutrientes e entre outras substâncias e complexos naturais, que quando presentes nos vegetais, oferecem benefícios fisiológicos (Silva Cavalcante et al., 2020).

Diversos estudos de pesquisa já mostram a relevância do potencial de algas para uma melhor eficiência na produção agrícola (Lee & Ryu, 2021), em que a biomassa do organismo é processada de

forma a permitir a liberação de compostos bioativos e substâncias que são utilizadas em plantas ou no próprio solo em que são cultivadas (Rachidi et al., 2021). A aplicação foliar de extratos é a técnica comumente utilizada pelos produtores, visto serem absorvidos com melhor eficiência pelos estômatos das folhas, contudo, a técnica por encharcamento do ambiente de cultivo é preferível para aplicação de células de algas vivas, visto a sua capacidade de multiplicação e alteração na qualidade do solo (Gitau et al., 2022).

As algas marinhas, a nível mundial, ainda são conhecidas como um recurso subvalorizado (Osório et al., 2020), sendo utilizados na agricultura desde 1982 (Kapoore et al., 2021). O sargaço (*Sargassum* spp.), por exemplo, é uma macroalga marrom de crescimento rápido, apresentando elevados índices de antioxidantes e substâncias, incluindo as anticancerígenas, tornando-as de elevada relevância como fonte de medicamentos (Silva et al., 2019) e fertilizantes (Ammar et al., 2022). Em estudo realizado por Matysiak et al. (2011), observaram que a alga da espécie *Sargassum* spp. Após aplicação do seu extrato sob embebição das sementes e foliar, promoveram o crescimento radicular e da parte aérea da cultura do milho, além de uma maior germinação.

Com isso, percebe-se que os biofertilizantes a base de extratos de algas ajuda a melhorar as atividades orgânicas do solo, beneficiando o suporte à saúde de culturas, como a do milho, prevenindo de doenças e proporcionando um fornecimento adequado de nutrientes à planta (Ammar et al., 2022), além de serem influenciadores ativos no crescimento da planta, visto sua aptidão de produzir ou interagir com os fitohormônios do vegetal (Kurepin et al., 2014).

A utilização de extratos de algas na produção agrícola é conhecida desde à antiguidade pelas comunidades romanas, em que realizavam a coleta de algas e deposição direta sobre o solo (El Boukhari et al., 2020). A classe das algas marinhas pardas (*Phaeophyceae*) é altamente variada e consiste especialmente de organismos macroscópicos e complexos, em que a presença do pigmento fucoxantina resulta em uma coloração marrom (Verma et al., 2015a), utilizadas na agricultura como adubo verde, ricos em macronutrientes como o Cálcio (Ca), Potássio (K) e o Fósforo (P), e micronutrientes como o Ferro (Fe), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Molibdênio (Mo), Boro (B), Manganês (Mn) e Cobalto (Co), além da presença de vitaminas e hormônios que atuam no crescimento (Verma et al., 2015a).

O uso de bioestimulantes vegetais por meio dos extratos de macroalgas são preparados, geralmente, através das espécies *scophyllum*, *Ecklonia*, *Durvillea*, *Fucus*, *Himanthalia*, *Laminaria*, *Macrocystis*, *Dictyopteris* e *Sargassum* spp. (Doty et al., 1987). Na Tabela 1, pode-se observar as principais formulações de bioestimulantes à base de extratos de algas comerciais.

Extratos de *Ascophyllum nodosum* (Tabela 1), se mostram importantes estimuladores do crescimento e produtividade de diversas culturas de interesse agrícola, como é o caso da cultura do milho, visto atuar no aumento à absorção de nutrientes e sua disponibilidade para a planta (Shukla et al., 2019). Por sua vez, extratos de *Ecklonia maxima* (Tabela 1), utilizado por Rengasamy et al. (2015) na cultura do milho, sob embebição das sementes, observaram aumento das raízes, comprimento e peso das mudas quando utilizado o extrato.

**Tabela 1.** Formulações comerciais de bioestimulantes à base de extratos de algas aplicados na agricultura, presentes no mercado brasileiro e mundial<sup>1</sup>.

Nome comercial	Espécie da alga
Acadian®	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Actiwave	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Agri-Gro Ultra	<i>Ascophyllum nodosum</i>
AgroKelp	<i>Macrocystis pyrifera</i>
Alg-A-Mic	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Algifol	<i>Ascophyllum nodosum</i>
AlgiPower	<i>Ascophyllum nodosum</i>
AlgaminoPlant	<i>Sargassum</i> spp
AlgaeGreen	<i>Ascophyllum nodosum</i>
AZAL5	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Bio-Genesis™	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Biovita	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Espoma	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Kelpak	<i>Ecklonia maxima</i>
Kelpro	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Goemar BM 86	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Maxicrop	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Nitrozime	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Profert®	<i>Durvillea antarctica</i>
Seasol®	<i>Durvillea potatorum</i>
Stimplex	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Stella Maris	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Synergy	<i>Ascophyllum nodosum</i>

<sup>1</sup>Fonte: Adaptado de Khan et al. (2009).

Posto isso, percebe-se que os extratos de algas estão sendo altamente utilizados na agricultura como uma ferramenta tecnológica, como na cultura do milho, proporcionando melhoria no desenvolvimento radicular e oferecendo um maior vigor as plantas em sua fase fisiológica (Silva, 2018). Na fase reprodutiva da cultura, os extratos de algas atuam na uniformidade do florescimento e aumento da produtividade, com maior qualidade dos grãos (Silva, 2018).

Ressalta-se que a baixa produtividade da cultura do milho no país é reflexo do baixo nível de tecnologia empregada, sendo importante à adoção de técnicas eficientes, como o uso de

bioestimulantes, de modo a superar os atuais tetos de 6mil kg/ha, atendendo de forma direta e indireta as necessidades das plantas com o uso de extratos de algas, influenciando suas respostas fisiológicas e reprodutivas, levando seus processos metabólicos a uma alteração positiva (Silva, 2018).

Percebe-se, então, à elevada importância do uso de extratos de algas na agricultura, de modo que melhora o desempenho da planta por intermédio de mudanças fisiológicas, bioquímicas e da expressão de genes nos vegetais, como mostrado anteriormente. Além de algas, estudos já mostram à eficácia de outros extratos, como é o caso do pirolenhoso, sendo um produto que vem tendo aumento significativo em diferentes áreas, especialmente nas ciências agrárias, visto sua possibilidade de manipulação, extração e uso de princípios ativos importantes para o desenvolvimento do vegetal (Campos, 2018).

#### *Extrato Pirolenhoso*

O extrato pirolenhoso (EP) é um subproduto utilizado para fins agrônômicos, obtido da queima da madeira e utilizado como bioestimulante em diversas culturas agrícola, atuando como indutor de crescimento de raízes, fungicida, adubo orgânico e entre outros (Oramahi et al., 2018), sendo altamente eficaz no tratamento de sementes por apresentar compostos metabólitos com ação antimicrobiano (Pimenta et al., 2018). Ressalta-se ser um produto natural que vêm sendo usado por anos em países do continente asiático, como o Japão, contudo, apenas em meados de 2001 que o MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, cedeu seu uso na agricultura orgânica (Campos, 2018).

O EP apresenta em sua constituição aproximadamente 90% correspondente de água e 10% que corresponde a misturas com maior complexidade de outros componentes, podendo ser citados os fenóis, hidrocarbonetos, compostos orgânicos e nitrogenados, dentre outros (Wu et al., 2015). O Brasil é um país promissor em se tornar o maior produtor mundial de extrato pirolenhoso, visto ser o maior produtor de carvão vegetal do globo (Rogaciano, 2017), o que é vantajoso para o meio ambiente, visto minimizar a emissão de gases e obtenção de um produto com aptidão de uso nas culturas agrícola (Silva et al., 2021).

Em 2017, o Brasil produziu cerca de 5,2 milhões de toneladas de carvão vegetal, o que gerou 8% de toda matriz energética do país (Albuquerque, 2019). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, estima-se uma quantidade de aproximadamente 6.182.837,00 milhões de toneladas de carvão vegetal produzido no país, e um valor de produção de cerca de 5.407.256,00 milhões de reais (IBGE, PEVS, 2020). A maior parte do emprego a nível global para o EP é voltada para à agricultura, com cerca de (44%), acompanhada da indústria de alimentos, com uma geração em torno de (17%), cosméticos (9%) e outros (30%), com destaque para países como a China, Japão, Índia e Austrália (Rocha et al., 2022).

A Tabela 2 mostra os diferentes componentes elementares do extrato pirolenhoso e suas propriedades físico-químicas que é derivado da madeira. Assim, a natureza e a composição química do EP vão depender especialmente da taxa de aquecimento, temperatura, tamanho de partículas e fonte de matéria-prima (Mathew&Zakaria, 2015). Segundo os pesquisadores (Melo et al., 2017; Yahayu et al., 2017), o EP pode ser empregado na agricultura para diversos meios, desde seu uso como bioestimulante até na compostagem, condicionador do solo, indutor de enraizamento, repelente de insetos pragas e outras funções que diminuem a utilização de defensivos agrícola no sistema de cultivo.

**Tabela 2.** Algumas propriedades do extrato pirolenhoso derivado da madeira<sup>2</sup>.

Propriedades	Valor em extrato pirolenhoso
Teor de umidade (% em peso)	15-30
pH	2,5
Gravidade Específica	1,2
Composição elementar (% em peso)	
C	54-58
H	5,5-7,0
O	35-40
N	0-0,2
Cinza	0-0,2
Alto poder calorífico (MJ/Kg)	16-19
Viscosidade a 773 K (cP)	40-100
Sólidos totais (% em peso)	0,2-1,0
Resíduo de destilação (% em peso)	Até 50

<sup>2</sup>Fonte: Adaptado de Zhang et al. (2007); Czernik & Bridgwater (2004).

O EP pode ser utilizado em todas as fases do ciclo da cultura, desde o tratamento das sementes até suas fases fenológicas e reprodutivas, atuando de forma promissora como repelente de insetos pragas que ocasionam danos as culturas, além de atuar no metabolismo do vegetal e contribuir em uma melhor resistência de doenças (Azevedo et al., 2021).

Silva et al. (2021), estudando o efeito do extrato pirolenhoso no desenvolvimento inicial de plantas de milho, constataram um aumento na altura das plantas em 12 cm e incremento na produção de massa seca da raiz em 34,3%, enfatizando sua utilização como potencial insumo alternativo para essa cultura. Por sua vez, Almeida Júnior et al. (2022), ao avaliarem os benefícios do EP aplicado no sulco de plantio como indutor de enraizamento

nas plântulas na cultura do milho, constataram resultados positivos no tocante ao aumento do sistema radicular das plantas, o que por consequência, obtiveram produtividades elevadas com o uso do extrato.

Luna Neto (2022) ao analisar a interação dos índices de vegetação com a cultura do milho após aplicação do extrato pirolenhoso em três estádios fenológicos, observou maior teor de clorofila total nas plantas de milho. Por outro lado, resultados interessantes também foram observados por José et al. (2016), que ao trabalhar as respostas da germinação em sementes de *E. dysenterica* com o uso de EP, constatou maior taxa de germinação quando utilizado uma menor concentração do extrato, mostrando que a dose vai depender muito da espécie cultivada.

Por ser um produto complexo, torna-se necessário mais pesquisas dos mais diferentes tipos, de forma a possibilitar o manejo e uso adequado do extrato pirolenhoso, de modo a conhecer as condições e sua aplicabilidade na agricultura, no âmbito econômico, social e ambiental (Rocha et al., 2022), especialmente para a cultura do milho, visto existirem poucos estudos voltados com o uso do EP.

### Considerações Finais

O uso de extrato de algas e extrato pirolenhoso utilizado na agricultura como bioestimulante apresenta-se como um potencial insumo alternativo para o incremento no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho.

Entende-se que novas pesquisas no tocante ao uso de bioestimulantes como o extrato de algas e extrato pirolenhoso devem ser levadas em consideração, com o intuito de fornecer melhores informações de interesses agrônômicos.

### Referências

ADNAN, M.; BILAL, H. M. Role of boron nutrition on growth, phenology and yield of maize (*Zea mays* L.) hybrids: A review. *Open Access Journal of Biogenetic Science and Research*, 4(1), 1-8, 2020. <https://doi.org/10.46718/JBGRS.2020.04.000110>

ALBUQUERQUE, J. S. Produção de carvão vegetal: Desafios e oportunidades. INFLOR, Blog/ gestão e oportunidade, 11 de abril de 2019. Disponível em: <https://www.inflor.com.br/producao-de-carvao-vegetal-desafios-e-oportunidades/>. Acesso em: 22 de agosto de 2022.

ALI, A.; ADNAN, M.; ABBAS, A.; JAVED, M. A.; SAFDAR, M. E.; ASIF, M.; IMRAN, M.; IQBAL, T.; REHMAN, F. U.; AHMAD, R. Comparative performance of various maize (*Zea mays* L.) cultivars for yield and related attributes under semi-arid environment. *Agricultural and Biological Research*, v. 36, n. 4, p. 63-66, 2020.

ALMEIDA JÚNIOR, J. J.; SILVA, D. S.; ALMEIDA, É. V.; CARNEIRO, A. O. T.; FERREIRA, M. C.; SANTOS, L. J. S. Milho implantado no sudoeste goiano com utilização do extrato pirolenhoso como enraizamento Corn implanted in southwest goiano using pyrolenhoso extract as rooting.

*Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 4, p. 30094-30105, 2022. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n4-479>

AMMAR, E. E.; AIOUB, A. A.; ELESAWY, A. E.; KARKOUR, A. M.; MOUHAMED, M. S.; AMER, A. A.; EL-SHERSHABY, N. A. Between current situation and future prospective. *Saudi Journal of Biological Sciences*, v. 29, p. 3083-3096, 2022. <https://doi.org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.sjbs.2022.03.020>

ARAÚJO, L. L. M.; RAMOS, D.; BRACHTVOGEL, E.; KOVALSKI, A. Ação de Bioestimulantes em cultivares comerciais de soja na Região Norte do Vale do Araguaia-MT. *PesquisAgro*, v. 4, n. 1, p. 3-21, 2021. <https://doi.org/10.33912/2/AGRO.2596-0644>

ASIF, M.; NADEEM, M. A.; AZIZ, A.; SAFDAR, M. E.; ADNAN, M.; ALI, A.; ULLAH, N.; AKHTAR, N.; ABBAS, B. Mulching improves weeds management, soil carbon and productivity of spring planted maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Botany Studies*, v. 5, n. 2, p. 57-61, 2020.

AZEVEDO, F. R.; GUIMARÃES, J. A.; BRAGA SOBRINHO, R.; LIMA, M. A. A. Eficiência de produtos naturais para o controle de *bemisia tabaci* biótipo b (hemiptera: *aleyrodidae*) em meloeiro. *Arquivos do instituto biologico*, v. 72, p. 73-79, 2021. <https://doi.org/10.1590/1808-1657v72p0732005>

BGE/ PEVS –Produção da extração vegetal e da silvicultura. Principais resultados 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultur-a-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=destaques>. Acesso em: 22 de agosto de 2022.

BUCHELT, A. C.; METZLER, C. R.; CASTIGLIONI, J. L.; DASSOLLER, T. F.; LUBIAN, M. S. Aplicação de bioestimulantes e *Bacillus subtilis* na germinação e desenvolvimento inicial da cultura do milho. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 6, n. 4, p. 69-74, 2019. <https://doi.org/10.32404/rean.v6i4.2762>

CAMPOS, A. D. Informação Técnica sobre Extrato Pirolenhoso. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 9, 2018.

COLLA, G.; ROUPHAEL, Y.; DI MATTIA, E.; EL-NAKHEL, C.; CARDARELLI, M. Co-inoculation of *Glomus intraradices* and *Trichoderma atroviride* acts as a biostimulant to promote growth, yield and nutrient uptake of vegetable crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 95, n. 8, p. 1706-1715, 2015. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6875>

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Perspectivas para a agropecuária, safra 2020/21, Edição grãos, volume 8, Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/perspectivas-para-a-agropecuaria>. Acesso em: 15 de agosto de 2022.

CONAB. Companhia Nacional de abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira, Safra 2021/22 – 7º Levantamento abril, Brasília. 2021.

CZERNIK, S.; BRIDGWATER, A. V. Overview of applications of biomass fast pyrolysis oil. *Energy & fuels*, v. 18, n. 2, p. 590-598, 2004. <https://doi.org/10.1021/ef034067u>



- DOTY, M. S. Case study of seven commercial seaweed resources. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome, 1987.
- DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia horticulturae*, v. 196, p. 3-14, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- DUARTE, J. P.; RUFF, O. J.; SANTOS, C. L. R. Inoculação de milho com inoculante à base de *Azospirillum brasilense* sob doses de nitrogênio em solo arenoso. *Scientific Electronic Archives*, v. 14, n. 8, 2021. <https://doi.org/10.36560/14820211391>
- EL BOUKHARI, M. E. M.; BARAKATE, M.; BOUHIA, Y.; LYAMLOULI, K. Trends in seaweed extract based biostimulants: Manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems. *Plants*, v. 9, n. 3, p. 359, 2020. <https://doi.org/10.3390/plants9030359>
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2019. Milho -Caracterização e Desafios Tecnológicos, Série desafios do agronegócio brasileiro (NT2).
- FRANCISCHINI, R.; SILVA, A. G.; TESSMANN, D. J. Eficiência de bioestimulantes e fungicida nos caracteres agrônômicos e econômicos na cultura do milho verde. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 17, n. 2, p. 274-286, 2018.
- GITAU, M. M.; FARKAS, A.; ÖRDÖG, V.; MARÓTI, G. Evaluation of the biostimulant effects of two Chlorophyta microalgae on tomato (*Solanum lycopersicum*). *Journal of Cleaner Production*, v. 364, p. 132689, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132689>
- JANINI, M. A.; CRUCIOL, G. C.; CATALANI, G.; PERSEGIL, E. O.; BARROS, L. M. Doses crescentes de fertilizante mineral no tratamento de sementes de milho. *Enciclopédia Biosfera*, v. 19, n. 40, 2022.
- JOSÉ, A. C.; ANDRADE, R. J.; PEREIRA, W. V. S.; SILVA, N. C. N.; FARIA, J. M. R. Efeito do extrato pirolenhoso sobre a germinação de espécies do Cerrado brasileiro. *Caderno De Ciências Agrárias*, v. 8, n. 1, p. 62-69, 2016.
- KAPOORE, R. V.; WOOD, E. E.; LLEWELLYN, C. A. Algae biostimulants: A critical look at microalgal biostimulants for sustainable agricultural practices. *Biotechnology Advances*, v. 49, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2021.107754>
- KOVALSKI, A. R. Avaliação do Desempenho Agrônômico de Diferentes Cultivares de Soja (*Glycine max* (L.) Merrill) Com Uso de Bioestimulantes e Herbicida Hormonal. *PesquisAgro*, v. 3, n. 1, p. 4-23, 2020.
- KUREPIN, L. V.; ZAMAN, M.; PHARIS, R. P. Phytohormonal basis for the plant growth promoting action of naturally occurring biostimulators. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 94, n. 9, p. 1715-1722, 2014. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6545>
- LEE, S. M.; RYU, C. M. Choong-Min. Algae as new kids in the beneficial plant microbiome. *Frontiers in Plant Science*, v. 12, p. 599742, 2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.599742>
- LUNA NETO, E. V. D. Índice espectrais de vegetação no monitoramento de parâmetros fisiológicos do milho (*Zea Mays* L.) submetidos à bioestimulantes e sua correlação com a produtividade. 2021. 49p. TCC (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, 2021.
- MATHEW, S.; ZAKARIA, Z. A. Pyroligneous acid—the smoky acidic liquid from plant biomass. *Applied microbiology and biotechnology*, v. 99, n. 2, p. 611-622, 2015. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-6242-1>
- MATYSIAK, K.; KACZMAREK, S.; KRAWCZYK, R. Influence of seaweed extracts and mixture of humic and fulvic acids on germination and growth of *Zea mays* L. *Acta Scientiarum Polonorum*, v. 10, n. 1, 2011.
- MELO, T. A.; ARAÚJO, M. U. P.; SERRA, I. M. R. S.; PASCHOLATI, S. F. Produtos naturais disponíveis comercialmente induzem o acúmulo de fitoalexinas em cotilédones de soja e mesocótilos de sorgo. *Summa Phytopathologica*, v. 43, n. 3, p.205-211, 2017. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/167358>
- NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; SCHIAVON, M.; ERTANI, A. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Scientia Agricola*, v. 73, p. 18-23, 2016. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0006>
- ORAMAHI, H. A.; YOSHIMURA, T.; DIBA, F.; SETYAWAT I, D.; NURHAIDA. Antifungal and antitermitic activities of wood vinegar from oil palm trunk. *Journal of wood science*, v. 64, n. 3, p. 311317. 2018. <https://doi.org/10.1007/s10086-018-1703-2>
- OSÓRIO, C.; MACHADO, S.; PEIXOTO, J.; BESSADA, S.; PIMENTEL, F. B. C.; ALVES, R.; OLIVEIRA, M. B. P. Pigments content (*chlorophylls*, *fucoxanthin* and *phycobiliproteins*) of different commercial dried algae. *Separations*, v. 7, n. 2, p. 33, 2020. <https://doi.org/10.3390/separations7020033>
- PEREIRA, V. L. D.; SIMONETTI, A. P. M. M. Uso de Bioestimulantes associado ao tratamento de semente de milho (*Zea mays* L.). *Revista Cultivando o Saber*, V. 14, p.186-192, 2021.
- PERUCHINI, M.; RUPOLLO, C. Uso de bioestimulantes na cultura da soja. *Anais de Agronomia*, v. 1, n. 1, p. 203-215, 2020.
- PIMENTA, A. S.; FASCIOTTI, M.; MONTEIRO, T. V.; LIMA, K. M. Chemical composition of pyroligneous acid obtained from Eucalyptus GG100 clone. *Molecules*, v. 23, n. 2, p. 426, 2018. <https://doi.org/10.3390/molecules23020426>
- RACHIDI, F.; BENHIMA, R.; KASMI, Y.; SBABOU, L.; ARROUSSI, H. E. Evaluation of microalgae polysaccharides as biostimulants of tomato plant defense using metabolomics and biochemical approaches. *Scientific reports*, v. 11, n. 1, p. 1-16, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78820-2>
- REHMAN, F. U.; ADNAN, M.; KALSOOM, M.; NAZ, N.; HUSNAIN, M. G.; ILAHI, H.; ILYAS, M. A.; YOUSAF, G.; TAHIR, R.; AHMAD, U. Seed-borne fungal diseases of Maize (*Zea mays* L.): A review. *Agrinula: Jurnal Agroteknologi Dan Perkebunan*, v. 4, n. 1, p. 43-60, 2021. <https://doi.org/10.36490/agri.v4i1.123>

- RENGASAMY, K. R.; KULKARNI, M. G.; STIRK, W. A.; VAN STADEN, J. Eckol-a new plant growth stimulant from the brown seaweed *Ecklonia maxima*. *Journal of applied phycology*, v. 27, n. 1, p. 581-587, 2015. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0337-z>
- ROCHA, F. T.; CRUZ, I. V.; LEITE, H. M. F.; FRANÇA NETO, A. C.; FERREIRA, E. Extrato pirolenhoso na germinação de sementes forrageiras. *Conjecturas*, v. 22, n. 2, p. 485-499, 2022. <https://doi.org/10.53660/CONJ-680-811>
- RODRIGUES, L. A.; BATISTA, M. S.; ALVAREZ, R. C. F.; LIMA, S. F.; ALVES, C. Z. Avaliação fisiológica de sementes de arroz submetidas a doses de bioestimulante. *Nucleus*, v. 12, n. 1, p. 207-214, 2015. <https://doi.org/10.3738/1982.2278.1376>
- ROGACIANO, M. S. Estudo da arte uso do extrato pirolenhoso na produção agrícola e floresta. 2017. 22p. Monografia (Especialização em Manejo Florestal de Precisão) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2017.
- SHUKLA, P. S.; MANTIN, E. G.; ADIL, M.; BAJPAI, S.; CRITCHLEY, A. T.; PRITHIVIRAJ, B. *Ascophyllum nodosum*-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Frontiers in plant science*, v. 10, p. 655, 2019. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00655>
- SILVA CAVALCANTE, W. S.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CABRAL FILHO, F. R.; NASCIMENTO, P. E. R.; CORRÊA, F. R. Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. *Irriga*, v. 25, n. 4, p. 754-763, 2020. <https://doi.org/10.15809/irriga.2020v25n4p754-763>
- SILVA CAVALCANTE, W. S.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CORRÊA, F. R.; RODRIGUES, E.; CABRAL FILHO, F. R.; MARTINS, G. R.; CABRAL, P. H. F.; MATIAS, V. C.; MARTINS NETO, J. G.; MAGALHÃES, Y. C. M. Potencial de utilização do extrato de algas marrom no estágio fenológico reprodutivo da soja. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 5, p. e51311528563-e51311528563, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.28563>
- SILVA PINHEIRO, L.; SILVA, R. C.; CONCEIÇÃO VIEIRA, R.; AGUIAR, R. O.; NASCIMENTO, M. R.; VIEIRA, M. M.; SOUSA, R. F.; OLIVEIRA, J. T.; SILVA, J. N.; SILVA, V. F. A.; SILVA, P. A. Análise de trilha dos atributos físicos de milho (*Zea mays* L.) em sistema de cultivo convencional. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 1, p. e8010110832-e8010110832, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.10832>
- SILVA, C. M.; SILVA, A. V.; FREITAS, B. A. L.; MAIA, W. M. P.; SILVA, D. A. M.; CORTEZ, L. C. A.; ALMEIDA, L. J. M. Bioestimulantes na agricultura. In: *Pesquisas em ciências agrárias*. Org.: SILVA, A. V.; SILVA, C. N.; SILVA, J. H. B. Editora CRV, v. 2, p. 39-51, 2021.
- SILVA, D. W.; CANEPPELLE, E.; WRITZL, T. C.; STEFFLER, A. D.; STEIN, J. E. S.; GUERRA, D.; SILVA, D. M.; REDIN, M. Efeito do extrato pirolenhoso no desenvolvimento inicial de plantas de milho e feijão. *Revista Eletrônica Científica Da UERGS*, v. 7, n. 1, p. 93-102, 2021. <https://doi.org/10.21674/2448-0479.71.93-102>
- SILVA, L. D.; BAHCEVANDZIEV, K.; PEREIRA, L. Production of biofertilizer from *Ascophyllum nodosum* and *Sargassum muticum* (*Phaeophyceae*). *Journal of Oceanology and Limnology*, v. 37, n. 3, p. 918-927, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00343-019-8109-x>
- SILVA, T. A. P. Uso de biofertilizantes (extrato de algas – *ascophyllum nodosum*) na cultura do milho. *Informativo técnico Nortox*. Edição 5, p. 1-4, 2018.
- STADNIK M. J.; ASTOLFI P.; FREITAS M. B. Bioestimulantes: uma perspectiva global e desafios para a América Latina. In: *I Simpósio Latino-Americano sobre Bioestimulantes na Agricultura*, 2017. Anais... Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. P. 18-23. Disponível em: <http://www.bioestimulantes.ufsc.br/files/2017/11/Anais-I-Simp%C3%B3sio-La-tino-Americano-sobre-Bioestimulantes-na-Agricultura-SLABA-2017.pdf>. Acesso em: 23 de agosto de 2022.
- TEJADA, M.; RODRÍGUEZ-MORGADO, B.; PANEQUE, P.; PARRADO, J. Effects of foliar fertilization of a biostimulant obtained from chicken feathers on maize yield. *European Journal of Agronomy*, v. 96, p. 54-59, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.03.003>
- VERMA, P.; ARUN, A.; SAHOO, D. Brown Algae. In: *The Algae World*. Elsevier Inc., p. 177-204, 2015a.
- WU, Q.; ZHANG, S.; HOU, B.; ZHENG, H.; DENG, W.; LIU, D.; TANG, W. Study on the preparation of wood vinegar from biomass residues by carbonization process. *Bioresource technology*, v. 179, p. 98-103, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.12.026>
- YAHAYU, M.; MAHMUD, K. N.; MAHAMAD, M. N.; NGADIRAN, S.; LIPEH, S.; UJANG, S.; ZAKARIA, Z. A. Efficacy of pyroligneous acid from pineapple waste biomass as wood preserving agent. *Jurnal Teknologi*, v. 79, n. 4, 2017. <https://doi.org/10.11113/jt.v79.9987>
- ZAGO, J. H. G.; KOEHLER, W. F.; VIECELLI, A. Vigor e germinação do milho com uso de Stimulate®. III CICA – Congresso internacional de ciências agrárias Centro Acadêmico do Curso de Agronomia – PUCPR- Campus Toledo, 2018.
- ZHANG, J. Q.; WANG, T.; XU, Y. R. Review of biomass pyrolysis oil properties and upgrading research. *Energy Conversion and Management*, v. 48, p. 87-92, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2006.05.010>