

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MARIA CLARA RESENDE PONCE

FONTES E DOSES DE BIOFERTILIZANTES NAS CULTURAS DA SOJA E DO MILHO

UBERLÂNDIA

2022

MARIA CLARA RESENDE PONCE

FONTES E DOSES DE BIOFERTILIZANTES NAS CULTURAS DA SOJA E DO MILHO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia como parte das exigências para obtenção do título “Mestre” em Produção Vegetal.

Orientadora: Prof.^a Dra. Regina Maria Quintão Lana

Coorientador: Dr. Miguel Henrique Rosa Franco

UBERLÂNDIA

2022

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

P792 2022	Ponce, Maria Clara Resende, 1995- Fontes e doses de biofertilizantes nas culturas da soja e do milho [recurso eletrônico] / Maria Clara Resende Ponce. - 2022. Orientadora: Regina Maria Quintão Lana. Coorientador: Miguel Henrique Rosa Franco. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Agronomia. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.di.2022.126 Inclui bibliografia. Inclui ilustrações. 1. Agronomia. I. Lana, Regina Maria Quintão, 1958-, (Orient.). II. Franco, Miguel Henrique Rosa, 1987-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Agronomia. IV. Título. CDU: 631
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br


ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 004/2022, PPGAGRO				
Data:	Vinte e um de fevereiro de dois mil e vinte e dois	Hora de início:	08:00	Hora de encerramento:	11:30
Matrícula do Discente:	12012AGR022				
Nome do Discente:	Maria Clara Resende Ponce				
Título do Trabalho:	Fontes e doses de biofertilizantes nas culturas da soja e do milho				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Uso e Recuperação de Solos e Resíduos na Agricultura				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Reginaldo de Camargo - UFU; Miguel Henrique Rosa Franco - UFU; André Cabral França - UFVJM; Regina Maria Quintão Lana - UFU orientadora da candidata.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dra. Regina Maria Quintão Lana apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Regina Maria Quintão Lana, Professor(a) do Magistério Superior**, em 21/02/2022, às 13:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Reginaldo de Camargo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 21/02/2022, às 16:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **MIGUEL HENRIQUE ROSA FRANCO, Usuário Externo**, em 21/02/2022, às 17:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **André Cabral França, Usuário Externo**, em 21/02/2022, às 18:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3324100** e o código CRC **393ADE12**.

MARIA CLARA RESENDE PONCE

FONTES E DOSES DE BIOFERTILIZANTES NAS CULTURAS DA SOJA E DO MILHO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia como parte das exigências para obtenção do título “Mestre” em Produção Vegetal.

Orientadora: Prof.^a Dra. Regina Maria Quintão Lana

Coorientador: Dr. Miguel Henrique Rosa Franco

Uberlândia, 21 de fevereiro, 2022.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo - UFU

Dr. Miguel Henrique Rosa Franco - UFU

Prof. Dr. André Cabral França - UFVJM

*Aos meus pais Maria Suzeli Resende Ponce e
Isac Ponce Raya, com amor
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, por tudo que me proporcionou alcançar, e por me conceder a oportunidade de finalizar mais uma etapa em minha jornada, por intermédio de Nossa Senhora Aparecida, a quem sou devota.

Aos meus pais, Suzeli e Isac, pelo suporte e apoio em todas as etapas de minha formação acadêmica. Reconhecimento por todo suor, dedicação, amor, paciência e sabedoria.

Ao meu irmão, Guilherme, pela parceria, carinho, suporte e compreensão.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Regina Maria Quintão Lana, pela orientação, confiança e ensinamentos durante este período.

Aos membros da equipe AgroR, em especial à Luciana Gontijo, Mara Martins, Sara Belchior e minha parceira de mestrado Rosana Ribeiro da Mota, pela parceria e amizade.

À minha amiga e irmã de coração Gislaine, pelo apoio, companheirismo e acima de tudo pela amizade, que cultivamos desde o início de nossas graduações.

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU) pela oportunidade de realização do mestrado, e a todos os professores, técnicos e funcionários do Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) pelo suporte, em especial durante o período de pandemia.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos, que possibilitou a realização das pesquisas.

Aos membros da banca examinadora, pela disponibilidade e contribuições para melhoria deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu muito obrigada!

RESUMO

Diversos estudos indicam que a aplicação de substâncias húmicas pode proporcionar inúmeros benefícios ao sistema solo-planta, como maior absorção de nutrientes e maior desenvolvimento das plantas, resultando em ganhos de produtividade em diversas culturas. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar os atributos de crescimento, os aspectos nutricionais e de rendimento, bem como os atributos químicos do solo após a colheita, em função da aplicação de biofertilizantes contendo ácidos fúlvico e húmico no sulco de semeadura, nas culturas da soja e do milho. Os experimentos foram realizados simultaneamente no município de Paracatu, Minas Gerais, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições em estrutura fatorial $4 \times 3 + 1$. O primeiro fator formado por quatro diferentes fontes de biofertilizantes (identificados como Biof. 1, Biof. 2, Biof. 3 e Biof. 4), o segundo fator atendido pelo uso de três doses (2, 4 e 6 L ha⁻¹), e o tratamento adicional como ausência de aplicação de substâncias húmicas (controle), totalizando 13 tratamentos. Foram constatados diferentes resultados entre as fontes e doses avaliadas dos biofertilizantes contendo substâncias húmicas. Tendo a dose adequada variado de acordo com o biofertilizante e com a cultura. Para a cultura da soja os biofertilizantes aumentaram a absorção de nutrientes pelas plantas, e a disponibilidade de nutrientes no solo. Não sendo verificada interferência nas variáveis de crescimento e rendimento da cultura. Para a cultura do milho os biofertilizantes promoveram aumento no crescimento das plantas, e afetaram a absorção de nutrientes. Não interferindo no rendimento da cultura do milho e nas características químicas do solo.

Palavras-chave: biofertilizantes, substâncias húmicas; matéria orgânica.

ABSTRACT

Several studies indicate that the application of humic substances can provide numerous benefits to the soil-plant system, such as greater absorption of nutrients and greater plant development, resulting in productivity gains in several cultures. In this context, the objective of this work was to evaluate the growth attributes, nutritional aspects and yield, as well as the chemical attributes of the soil after harvest, as a function of the application of biofertilizers containing fulvic and humic acids in the sowing furrow, in the soybean and corn crops. The experiments were carried out simultaneously in the municipality of Paracatu, Minas Gerais, in a randomized block design, with four replications, in a $4 \times 3 + 1$ factorial structure. The first factor formed by four different sources of biofertilizers (identified as Biof. 1, Biof. 2, Biof. 3 and Biof. 4), the second factor attended by the use of three doses (2, 4 and 6 L ha^{-1}), and the additional treatment as the absence of application of humic substances (control), totaling 13 treatments. In the experiments, different results were observed with the application of humic substances. Different results were observed between the sources and doses evaluated of biofertilizers containing humic substances. Having the appropriate dose varied according to the biofertilizer and the culture. For soybean, biofertilizers increased nutrient uptake by plants, and nutrient availability in the soil. No interference was observed in the variables of growth and crop yield. For the corn crop, the biofertilizers promoted an increase in plant growth, and affected the absorption of nutrients. Not interfering with corn crop yield and soil chemical characteristics.

Keywords: biofertilizers; humic substances; organic matter.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 2. FONTES E DOSES DE BIOFERTILIZANTES NA CULTURA DA SOJA

Figura 1 - Pluviosidade e temperatura em Paracatu-MG no período de 01 de dezembro de 2020 a 30 de março de 2021 (INMET, 2021).....	38
Figura 2 - Teor foliar de nitrogênio (g kg^{-1}), na soja, em função das doses do produto Biof. 1 (L ha^{-1}).....	47
Figura 3 - Teor de fósforo (mg dm^{-3}) no solo, pós-colheita da soja, em função das doses do produto Biof. 4 (L ha^{-1}).....	54

CAPÍTULO 3. FONTES E DOSES DE BIOFERTILIZANTES NA CULTURA DO MILHO

Figura 1 - Pluviosidade e temperatura em Paracatu-MG no período de 01 de dezembro de 2020 a 28 de abril de 2021 (INMET, 2021).....	65
Figura 2 - Teor foliar de enxofre (g kg^{-1}), no milho, em função das doses dos biofertilizantes avaliados (L ha^{-1}).....	75
Figura 3 - Conteúdo foliar de enxofre (g kg^{-1}), no milho, em função das doses dos biofertilizantes avaliados (L ha^{-1}).....	81

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2. FONTES E DOSES DE BIOFERTILIZANTES NA CULTURA DA SOJA

Tabela 1 - Doses e fontes de biofertilizantes avaliados para a cultura da soja. Paracatu, 2021.....	39
Tabela 2 - Composição química (%) dos biofertilizantes.....	39
Tabela 3 - Caracterização química e física da amostra do Latossolo Vermelho Amarelo. Paracatu, 2021.....	40
Tabela 4 - Estimativas do índice SPAD em soja, cultivar PIONEER 90Y30, em função da aplicação de biofertilizantes, aos 74 DAS. Paracatu-MG, 2021.....	43
Tabela 5 - Diâmetro do caule (mm), altura de planta (cm) e massa verde da parte aérea, de soja, cultivar PIONEER 90Y30, aos 74 DAS, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.....	44
Tabela 6 - Teores foliares de macronutrientes, aos 74 DAS, de soja, cultivar PIONEER 90Y30, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.....	46
Tabela 7 - Teores foliares de micronutrientes, aos 74 DAS, de soja, cultivar PIONEER 90Y30, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.....	48
Tabela 8 - Número de vagens com zero (NV0G), um (NV1G), dois (NV2G), três (NV3G) e quatro (NV4G) grãos, de soja, cultivar PIONEER 90Y30, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.....	49
Tabela 9 - Número total de vagens planta ⁻¹ (NTV), número total grãos planta ⁻¹ (NTG), peso de mil sementes (PMS) (g) e produtividade (kg ha ⁻¹), de soja, cultivar PIONEER 90Y30, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.....	50
Tabela 10 - Análise química do solo após a colheita da soja, cultivar PIONEER 90Y30, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.....	52

CAPÍTULO 3. FONTES E DOSES DE BIOFERTILIZANTES NA CULTURA DO MILHO

Tabela 1 - Doses e fontes de biofertilizantes avaliados para a cultura do milho. Paracatu, 2021.....	66
Tabela 2 - Composição química (%) dos biofertilizantes.....	66

Tabela 3 - Caracterização química e física da amostra do Latossolo Vermelho Amarelo. Paracatu, 2021.....	67
Tabela 4 - Estimativas do índice SPAD, diâmetro de colmo (mm) e altura de planta (m) em milho, cultivar Dall 30A37 PWU, aos 74 DAS, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.....	71
Tabela 5 - Massa fresca da área foliar (MFAF) (g), massa seca da área foliar (MSAF) (g), massa fresca de colmo (MFC) (g), massa seca de colmo (MSC) (g), em milho, cultivar Dall 30A37 PWU, aos 74 DAS, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021..	72
Tabela 6 - Teores foliares de macronutrientes aos 74 DAS, de milho, cultivar Dall 30A37 PWU, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.....	74
Tabela 7 - Teores foliares de micronutrientes aos 74 DAS, de milho, cultivar Dall 30A37 PWU, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.....	77
Tabela 8 - Conteúdo foliar de nutrientes, aos 74 DAS, de milho, cultivar Dall 30A37 PWU, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.....	79
Tabela 9 - Número de fileiras de grãos, número de grão por fileira e diâmetro de espiga (mm) de milho, cultivar Dall 30A37 PWU, após a colheita, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.....	81
Tabela 10 - Peso de mil sementes (PMS) (g) e produtividade (kg ha ⁻¹) de milho, cultivar Dall 30A37 PWU, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.....	83
Tabela 11 - Análise química do solo após a colheita do milho, cultivar Dall 30A37 PWU, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.....	84

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	15
CAPÍTULO 1	17
1 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
1.1 Substâncias húmicas	18
1.1.1 Natureza e origem.....	18
1.1.2 Estruturas e classificações	18
1.1.3 Resultados associados ao uso de substâncias húmicas ao solo e as plantas	19
REFERÊNCIAS	26
CAPÍTULO 2	33
FONTES E DOSES DE BIOFERTILIZANTES NA CULTURA DA SOJA	33
RESUMO	34
ABSTRACT	35
1 INTRODUÇÃO.....	36
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	38
2.1 Condução	39
2.2 Avaliações	41
2.3 Análises estatísticas	42
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4 CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS	56
CAPÍTULO 3	61
FONTES E DOSES DE BIOFERTILIZANTES NA CULTURO DO MILHO	61
RESUMO	62
ABSTRACT	63
1 INTRODUÇÃO.....	64
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	65
2.1 Condução	66
2.2 Avaliações	68
2.3 Análises estatísticas	69
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
4 CONCLUSÕES	87
REFERÊNCIAS	88

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil, atualmente, é o maior produtor mundial de soja. Na safra 2020/21 produziu-se 135,912 milhões de toneladas do grão em uma área plantada de 38,532 milhões de hectares, obtendo uma produtividade média de 3.527 kg ha⁻¹. Na mesma safra, a cultura do milho produziu 85,749 milhões de toneladas de grãos, ocupando o terceiro lugar no ranking mundial, com uma área plantada de 19,868 milhões de hectares, com uma produtividade média de 4.316 kg ha⁻¹, atingindo a menor produção desde a safra 2017/2018 com a cultura, devido a irregularidade das chuvas durante o período (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2021).

No decorrer dos anos, com o aprimoramento das práticas agrícolas e desenvolvimento de novas tecnologias que visam os maiores rendimentos das culturas da soja e do milho no campo, foram observados maiores ganhos de produtividade, de geração de lucro e redução dos custos aos produtores (ALVES et al., 2009; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2021).

Dentre essas tecnologias que permitiram atingir altas produtividades no campo, estão a fertilidade e a nutrição de plantas, uma vez que, as principais cultivares de soja e híbridos de milho são altamente exigentes em fertilidade e responsivas às condições adequadas de manejo.

Neste cenário, o uso de biofertilizantes contendo substâncias húmicas vem sendo utilizados nos sistemas de produção por apresentar inúmeros benefícios no sistema solo-planta, como aumentar a permeabilidade e capacidade de retenção de água no solo, estimular o maior crescimento do sistema radicular, que por sua vez afeta a atividade enzimática e aumenta a absorção de nutrientes (YANG; ANTONIETTI, 2019).

Segundo Du Jardin (2015), um bioestimulante vegetal pode ser definido como toda ou qualquer substância ou microrganismo que seja aplicado às plantas com o propósito de aumentar a tolerância a estresses abióticos, eficiência nutricional e/ou características de qualidade da cultura, não levando em consideração seu teor de nutrientes.

As substâncias húmicas são compostos orgânicos formados a partir da estabilização, por processos bio-físico-químicos, de compostos fenólicos solúveis e tecidos lignificados pouco transformados após o processo de mineralização da matéria orgânica (MO) e são constituídas por ácido húmico, fúlvico e huminas (CUNHA et. al., 2015).

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos com uso destas substâncias para demonstrar a sua eficácia em diferentes culturas. Especificamente, para outras culturas de relevância no território nacional, como a soja e o milho, pesquisas sobre a ação das substâncias húmicas vêm sendo desenvolvidas e demandam ainda mais investigações científicas. Diante desta necessidade objetivou-se avaliar doses e fontes de biofertilizantes contendo substâncias húmicas nas culturas da soja (*Glycine max*) e do milho (*Zea mays*).

CAPÍTULO 1

REFERENCIAL TEÓRICO

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Substâncias húmicas

1.1.1 Natureza e origem

As substâncias húmicas (SHs) são complexas misturas heterogêneas de compostos orgânicos polidispersos de ocorrência natural, formadas após o processo de humificação da matéria orgânica. Estas substâncias estão presentes em ambientes terrestres e aquáticos; no solo, água e depósitos orgânicos geológicos, como em sedimentos acumulados no fundo de lagos (sapropel), leonardita, turfa e carvão marrom (KLECZEK; ANIELAK, 2021).

As SHs exercem influência na ciclagem e na biodisponibilidade de elementos químicos em ambientes terrestres e aquáticos, assim como na distribuição e degradação de produtos químicos xenobióticos e orgânicos de origem natural (WEBE, 2020).

As substâncias húmicas se diferenciam das demais biomoléculas de origem natural, como, proteínas, carboidratos, lipídeos e outros, por serem extremamente heterogêneas em composição e estrutura, e serem originadas de uma grande variedade de fontes de matéria orgânica. Devido suas características estruturais e a enorme variedade de reações químicas e biológicas envolvidas em sua formação, as SHs são complexas e multifacetadas, sendo capazes de agir como moléculas de sinalização e apresentar importantes funções nutricionais no sistema solo-planta (GAUTAM et. al., 2021).

Corresponde a 70% do húmus, componente da matéria orgânica não vivente do solo. Contribuem com 85 - 90% do carbono orgânico total (COT) dos solos minerais, principal componente da matéria orgânica do solo (MOS) (NOVAIS et al., 2007).

1.1.2 Estruturas e classificações

Quimicamente as SHs apresentam muitas semelhanças, contudo podem ser diferenciadas pela cor, presença de grupos funcionais, massa molecular, grau de polimerização e composição elementar (teores de C, O, H, N e S) (STEVENSON, 1994). Tendo como base a solubilidade, as SHs são classificadas em três frações: ácidos húmicos (AHs), solúveis em $\text{pH} > 2$; ácidos fúlvicos (AFs), solúveis em todas as faixas de pH; e huminas, insolúveis em qualquer valor de pH (LIPCZYNSKA-KOCHANY, 2018; RICE, 2001; STEVENSON, 1994).

Embora a origem e as condições de extração interfiram nas propriedades e na estrutura das SHs, as propriedades médias de amostras de SHs de diferentes fontes são consideravelmente semelhantes (WEBE, 2020).

De acordo com Rice e Maccarthy (1991) as frações das SHs podem ser divididas conforme sua composição elementar em: ácidos húmicos (37,2 - 75,8% de C; 7,9 - 56,6% de O; 1,6 - 11,7% de H; 0,5 - 10,5% de N e 0,1 - 8,3% de S), ácidos fúlvicos (35,1 - 75,7% de C; 16,9 - 55,8% de O; 0,4 - 7,9% de H; 0,5 - 8,2% de N e 0,1 - 3,6% de S) e huminas (48,3 - 61,6% de C; 28,8 - 45,1% de O; 7,3 - 14,2% de H; 2,9 - 6,0% de N e 0,1 - 0,9% de S).

Os ácidos húmicos (AHs) compõem a maior fração das SH, São produzidos principalmente por associações de compostos hidrofóbicos, estabilizados em pH neutro por forças dispersivas hidrofóbicas, como ligações π - π , CH- π e forças de Van der Waals (MAHLER et al., 2021). São solúveis em solventes orgânicos, possuem alto teor de ácidos carboxílicos e grande quantidade de nitrogênio, além de elevado peso molecular e capacidade de troca catiônica (CARON et al., 2015).

De acordo com Mahler et al. (2021), a existência de grupos carboxilato e fenolato nos AHs os conferem a capacidade de formar complexos com íons como Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} e Fe^{3+} .

Enquanto os ácidos fúlvicos (AFs) são definidos como associações de pequenas moléculas hidrofílicas com vários grupos funcionais ácidos, formando aglomerados fúlvicos dispersos em solução, em qualquer faixa de pH (MAHLER et al., 2021).

Os AFs apresentam maior solubilidade e polaridade comparada aos AHs, características decorrentes de seus menores pesos moleculares e maiores densidades de grupamentos carboxílicos, que conferem aos AFs maior mobilidade no solo (NOVAIS et al., 2007). Apresentando também maior capacidade de troca catiônica, comparado aos AHs (CARON et al., 2015).

1.1.3 Resultados associados ao uso de substâncias húmicas ao solo e as plantas

A capacidade de sorção das SHs é uma de suas características mais importantes, devido à estrutura molecular, elas são capazes de se ligar a cátions metálicos e absorver compostos orgânicos. Sua natureza aromática as torna aglutinantes eficazes para alguns poluentes orgânicos persistentes, por exemplo, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (KLECZEK; ANIELAK, 2021).

As SHs são capazes de influenciar as propriedades do solo, tanto físicas quanto químicas, além de proporcionar melhorias na sua fertilidade (YANG; ANTONIETTI, 2019).

Podem afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas, proporcionando melhorias estruturais e fisiológicas, gerando aumento da eficiência do metabolismo bioquímico (fotossíntese) e absorção de nutrientes pelas plantas (ROSA et al., 2009).

De acordo com Nannipieri et al. (1983) as SHs são capazes de atuar sob o metabolismo da planta, em reações envolvendo o transporte de íons, respiração (ciclo de Krebs), proporcionando: maior síntese de ATP, aumento no conteúdo de clorofila, aumento na velocidade e síntese de ácidos nucléicos, e efeito seletivo sobre a síntese proteica e/ou inibição da atividade de diversas enzimas.

Segundo Leite et al. (2020) as SHs aumentam a absorção de nitrogênio, fósforo e potássio, e induzem o crescimento das plantas. Este incremento na absorção de nutrientes pode ser explicado pelo aumento da permeabilidade da membrana plasmática, por meio da ação surfactante destas substâncias e pela ativação da H^+ -ATPase da membrana plasmática. O gradiente eletroquímico gerado pela H^+ -ATPase está diretamente envolvido nos mecanismos responsáveis pelo desenvolvimento vegetal, como na energização de sistemas secundários responsáveis pela absorção de nutrientes e pelo aumento da plasticidade celular, responsável pelo crescimento vegetal (VARANINI et al., 1993).

Façanha et al. (2002) verificando a bioatividade de ácidos húmicos isolados de lodo de esgoto e vermicomposto sobre o desenvolvimento de raízes de plântulas de café e de milho, constataram estímulo nas raízes de ambas as espécies, em uma concentração ótima de 40 mg L^{-1} (AH). Nesta condição, os autores verificaram que tanto os isolados de AH extraídos de lodo de esgoto quanto os extraídos de vermicomposto estimularam a H^+ -ATPase de membrana plasmática em plântulas de café e milho promovendo o aumento da plasticidade da parede celular, alongação da célula vegetal e o consequente incremento da área radicular nas plântulas, comprovando a bioatividade dos ácidos húmicos avaliados. Tendo sido mais efetivos os extraídos de lodo de esgoto. A análise estrutural dos AH também detectou a presença de grupamentos de auxina em ambos os AH avaliados, o que sugere a existência de uma relação entre a indução e a ativação da H^+ -ATPase de membrana plasmática com a atividade hormonal dos ácidos húmicos.

Segundo Baldotto e Baldotto (2014) o estímulo ao crescimento e ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas, proporcionado pela aplicação de ácidos húmicos, não devem ser correlacionados apenas a seus efeitos hormonais. Trevisan et al. (2011) verificaram a existência de outras rotas metabólicas independentes de auxina exercendo efeitos positivos no

crescimento de plantas de *Arabidopsis thaliana*, por meio do monitoramento do perfil transcriptômico.

Mora et al., (2012) avaliando raízes de pepino tratadas com ácidos húmicos, puderam constatar que, o aumento da concentração de auxina, etileno e óxido nítrico, não desempenha um papel essencial na expressão das principais mudanças na arquitetura do sistema radicular.

De acordo com resultados obtidos nas culturas do milho, trigo e colza em condições de seca, a aplicação foliar de AH se mostrou capaz de ativar os sistemas de defesa enzimática antioxidante nas plantas, mitigando os efeitos das espécies reativas de oxigênio, que por sua vez são geradas quando as plantas são submetidas ao estresse de déficit hídrico. Além disso, observou-se aumento no conteúdo de pigmentos fotossintéticos (ROMBEL-BRYZEK; PISAREK, 2017).

García et al. (2012) avaliando a aplicação de AH, extraído de vermicomposto, na prevenção do estresse oxidativo em mudas de arroz submetidas ao estresse hídrico, observaram que a aplicação de AH induziu a atividade de peroxidases nas folhas e raízes, levando a uma redução no conteúdo de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e maior conservação da permeabilidade da membrana plasmática. Consequentemente, as plantas apresentaram maiores taxas de crescimento e teor de água, indicando que o AH desempenha um papel importante como alternativa ecológica para prevenir o estresse oxidativo em plantas causado pelo estresse hídrico.

Segundo Dong et al. (2009) em solos tratados com SHs pode-se constatar redução da hidrólise da uréia, associada ao tamponamento biológico destas substâncias em populações microbianas e atividades enzimáticas. Existem também pesquisas que evidenciam que a associação de fosfato solúvel-SHs reduz sua ligação e precipitação no solo, proporcionando maior absorção de fósforo pelas plantas, aumentando assim sua eficiência (ÁLVAREZ et al., 2004; HUA et al., 2008; SCHEFFER et al., 2008).

O aumento da biodisponibilidade de macro e micronutrientes pode ocorrer com a aplicação de ácidos húmicos devido a formação de complexos de íons-SH solúveis, as quais podem gerar eventos a nível bioquímico e molecular que regulam a expressão de transportadores de nutrientes nas membranas plasmáticas (OLAETXEA et al., 2019; VAN OOSTEN et al., 2017).

De acordo com Martinazzo et al. (2007) os AHs atuam ativamente na disponibilidade de fósforo para as plantas, pois aumentam o teor de fósforo orgânico no solo, uma vez que são

originários dos resíduos vegetais adicionados ao solo, do tecido microbiano e dos produtos de sua decomposição.

Segundo Stevenson (1994), as SHs competem pelos sítios de adsorção de fosfato, podendo reduzir a adsorção do fósforo no solo e promover sua maior concentração em solução, mantendo-o disponível para as plantas. Podendo formar complexos que bloqueiam os sítios de adsorção do fósforo na superfície dos óxidos de Fe e de Al (TIRLONI et al., 2009).

Duarte et al. (2013) avaliando o efeito do revestimento do fertilizante MAP com AHs na disponibilidade de fósforo na solução do solo, verificou a adição de ácidos húmicos influenciaram positivamente na disponibilidade de fósforo na solução do solo ao serem utilizados no revestimento do fertilizante mineral.

No sistema radicular, a presença de SHs favorece o desenvolvimento de rizóides (estruturas filamentosas compostas por células epidérmicas especializadas, com capacidade de absorção e retenção de água) e raízes laterais (CANELLAS; OLIVARES, 2014). De acordo com Zandonadi et al. (2010), as SHs favorecem o desenvolvimento de raízes laterais, pois induzem a presença de óxido nítrico nesses tecidos.

Também são descritos efeitos hormonais das SHs, decorrentes da presença nestas substâncias de grupos funcionais anteriormente reconhecidos pelos complexos de recepção/sinalização de vias hormonais nas plantas, que liberam compostos hormonais aprisionados ou estimulam microrganismos produtores de hormônios (DU JARDIN, 2012).

Silva et al. (2011) avaliando o efeito de SHs isoladas de turfeiras com matéria orgânica em diferentes estádios de decomposição, localizadas na Serra do Espinhaço Meridional – MG, sobre a promoção do crescimento radicular de plântulas de tomateiro, verificaram que os ácidos húmicos se mostraram como fração humificada de maior bioatividade, apresentando maior capacidade de indução de raízes laterais no estágio inicial de desenvolvimento do tomateiro com a menor concentração, promovendo o aparecimento de pelos radiculares em plântulas. Constatando também que os AHs atuaram como um tipo de auxina exógena induzindo a rota de sinalização da auxina em plântulas do tomateiro transgênico, MicroTom DR5:GUS, promovendo assim o crescimento radicular.

Em um estudo desenvolvido por Rodrigues et al., (2017) avaliando o efeito do tratamento de sementes de milho com produto comercial contendo 18% de ácido húmico na germinação e vigor de plântulas, constataram maior crescimento das plântulas e aumento da massa seca da parte aérea do milho, bem como a influência positiva no índice de velocidade de emergência, até a dose 158 mL 100 kg⁻¹ de sementes.

Baldotto et al. (2019) avaliando a produtividade do milho em resposta a aplicação de ácidos húmicos isolados de esterco bovino, via tratamento de sementes (TS), na ausência ou presença de calagem e adubação mineral, constaram que a adição de AHs por meio do TS proporcionou ganhos de produtividade, independentemente da presença ou ausência de calagem e adubação mineral. Tendo a aplicação de AHs potencializado os efeitos da calagem e fertilização, para a maioria dos às características de crescimento avaliadas, com ênfase no peso da espiga.

Silva et al. (1999) ao avaliarem o efeito de substâncias húmicas extraídas de diversas fontes orgânicas aplicadas na cultura do milho em solução nutritiva observaram incrementos na produção de massa seca de raízes, no comprimento do sistema radicular, na superfície ocupadas pelas raízes e diminuição no raio médio das raízes.

Segundo Canelas et al. (2012) a indução de raízes laterais em plantas por SHs está relacionada com a hidrofobicidade dessas substâncias, gerada especialmente pelos grupos funcionais O-alkil e metoxil/N-alkil, identificados por ressonância magnética nuclear. As SHs menos humificadas que por sua vez contenham maior número de grupos funcionais N- e carboxil- polares exibem também uma maior capacidade quelante de micronutrientes, como Zn, Cu e Fe (CHEN et al., 2004), o que pode favorecer o crescimento das plantas em determinadas condições (GARCIA-MINA et al., 2004).

Rosa et al. (2009) avaliando efeito de SH extraídas de carvão mineral no crescimento e na concentração de nutrientes em plantas de feijão e nos parâmetros cinéticos de absorção de potássio, verificaram aumento de 30% na produção de massa da parte aérea e 40% massa seca de raiz quando comparado com a testemunha. Constatando também redução nos parâmetros cinéticos de absorção de K, com consequente redução da taxa de absorção deste elemento. Não sendo afetadas as características morfológicas de raiz e o estado nutricional das plantas.

Catuchi et al. (2016) avaliando a aplicação de ácidos fúlvicos e húmicos no sulco de semeadura e via foliar na cultura da soja, constataram aumento no crescimento vegetativo das plantas, aumento no número de vagens por planta e, consequentemente aumento na produtividade da soja, com a utilização de 380 g ha⁻¹ de ácido húmico e na aplicação de 200 g ha⁻¹ de ácido fúlvico, via sulco de semeadura e via foliar no estágio V4.

Benites et al. (2006) avaliando o efeito da aplicação foliar de produto à base de ácido húmico e da fração isolada sobre a produtividade de soja, identificaram ganho de 25% na produtividade da cultura com a aplicação da dose de 0,75 L ha⁻¹ de AH. Tendo essa dose se mostrado mais recomendada para a maximização da resposta da soja nas condições do estudo.

De acordo com resultados obtidos por Rocha et al. (2013), a partir de experimento avaliando o efeito da aplicação de SHs via sulco de semeadura na produção e nos componentes de rendimento da cultura da soja, pode-se observar acréscimos lineares com a utilização das doses 0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 L ha⁻¹, no número de vagens por planta, massa de 1000 sementes e produtividade da cultura da soja.

Contudo, de acordo com Yang e Antonietti (2019), o uso de uma quantidade excessiva de AHs gera inibição do crescimento das plantas e na produção, devido à alta pressão osmótica. Efeito este decorrente da natureza ácida das substâncias e de sua solubilidade, uma vez que em ambiente muito ácido ocorre a inibição da proliferação de microrganismos, reduzindo assim seu conteúdo e a atividade de enzimas no solo.

Em um estudo desenvolvido por Azzem et al., (2021) buscando averiguar o efeito combinado de doses de AH e doses de N na matéria orgânica do solo (MOS), teor de N total, absorção de N, crescimento do milho e produtividade de grãos sob cultivo convencional, constataram aumento nos teores de MOS e N total com a aplicação de AH, beneficiando o crescimento e produtividade de grãos de milho, independentemente das doses de N avaliada. Sendo a aplicação de 4,5 kg ha⁻¹ de AH mais eficiente em promover maior MOS, N total, biomassa da parte aérea, absorção de N e produtividade de grãos, mesmo quando associado às doses de N de 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de N.

O efeito da aplicação da mistura de bentonita-AH na cultura do milho em condições de solo arenoso degradado, demonstrou que a adição da mistura resultou em efeito positivo na estrutura do solo, possibilitando a rápida formação de macroagregados, redução da densidade do solo e aumento da capacidade de armazenamento de água (camada até 100 cm). Além disso, a aplicação da mistura contribuiu para o aumento da produtividade, do crescimento das plantas e na melhoria da eficiência do uso da água em 50% nos cinco anos seguintes (ZHOU et al., 2019).

Li et al. (2019) avaliando os efeitos contínuos da aplicação de AH nas propriedades físico-químicas, diversidade microbiana e atividades enzimáticas do solo sob cultivo contínuo de amendoim em três anos consecutivos, constataram aumentos nos teores de nutrientes do solo, incluindo os teores de N, P e K totais; N, P e K disponível; e teores de matéria orgânica, que exibiram o efeito máximo no terceiro ano de aplicação de AH. Observaram também aumentos significativos nas atividades das enzimas urease, sacarase e fosfatase no solo após o tratamento com ácido húmico. A diversidade microbiana também foi afetada com a adição sequencial de AH, sendo verificado aumento na abundância de bactérias do filo *Firmicutes*, e

fungos dos filos *Basidiomycota*, e *Mortierellomycota*, relatados como benéficos ao crescimento das plantas; e diminuição dos fungos do filo *Ascomycota*, de gêneros geralmente patogênicos para as plantas. A aplicação de AH melhorou o rendimento e a qualidade do amendoim em cultivo contínuo devido à melhoria das propriedades físico-químicas, atividades enzimáticas e diversidade microbiana do solo.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, R.; EVANS, L. A.; MILHAM, P. J.; WILSON, M. A. Effects of humic material on the precipitation of calcium phosphate. **Geoderma**, [s. l.], v. 118, p. 245–260, 2004. ISSN 0016-7061. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00207-6](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00207-6). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706103002076>. Acesso em: 14 jan. 2022.
- ALVES; L. R. A.; FERREIRA FILHO, J. B. S.; BALLAMINUT, C. E. C.; OSAKI, M.; RIBEIRO, R. G. Avaliação econômica de milho geneticamente modificado resistente a insetos: MON89034 E MON810. In: CONGRESSO DO SOBER, Porto Alegre, ed 47, 2009. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/documentos/texto/avaliacao-economica-de-milho-geneticamente-modificado-resistente-a-insetos-a-artigo-publicado-no-xxvii-congresso-da-sober-2009.aspx>. Acesso em: 25 out. 2021.
- AZZEM, K.; NAZ, F.; JALAL, A.; GALINDO, F. S.; FILHO, M. C. M. T.; KHALIL, F. Humic acid and nitrogen dose application in corn crop under alkaline soil conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** [s. l.], v. 25, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n10p657-663>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/QbwcST4gvqpPqzrfpjprnyf/?lang=en>. Acesso em: 26 jan. 2022.
- BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 61, p. 856-881, 2014. Suplemento. DOI: 10.1590/s0034- 737x201461000011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/94wksVHhCDcDxkVdYqb4Pqw/?lang=pt>. Acesso em: 15 dez. 2022.
- BALDOTTO, M. A.; MELO, R. O.; BALDOTTO, L. B. Field corn yield in response to humic acids application in the absence or presence of liming and mineral fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl2p3299>. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/34560>. Acesso em: 18 dez. 2021
- BENITES, V. de M.; POLIDORO, J. C.; MENEZES, C. C.; BETTA, M. Aplicação foliar de fertilizante organomineral e solução de ácido húmico em soja sob plantio direto. **Circular Técnica**, nº 35, Rio de Janeiro, RJ, 2006. ISSN 1517-5146. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/856031/aplicacao-foliar-de-fertilizante-organo-mineral-e-solucoes-de-acido-humico-em-soja-sob-plantio-direto>. Acesso em: 12 jan. 2022.
- CÂMARA, G. M. de S. **Introdução ao agronegócio soja**. USP/ESALQ – Departamento de Produção Vegetal, [s. l.: s. n.], 2015.
- CANELLAS, L. P.; DOBBSS, L. B.; OLIVEIRA, A. L.; CHAGAS, J. G.; AGUIAR, N. O.; RUMJANEK, V. M.; NOVOTNY, E. H.; OLIVARES, F. L.; SPACCINI, R.; PICCOLO, A. Chemical properties of humic matter as related to induction of plant lateral roots. **European Journal of Soil Science**, [s. l.], 63 ed., p. 315–324, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2012.01439.x>. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2389.2012.01439.x>. Acesso em: 14 jan. 2022.

CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; 2014. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture** [s. l.], n. 3, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1186/2196-5641-1-3>. Disponível em: <https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/2196-5641-1-3>. Acesso em: 18 dez. 2021.

CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTROM, P. R. C. **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, [s. n.], 2015. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/biblioteca/sites/default/files/publicacoes-a-venda/pdf/SPR58.pdf>. Acesso em: 10 set. 2021.

CATUCHI, T. A.; PERES, V. J. S. P.; ARANDA, E. A.; SILVA, A. P. L. Desempenho produtivo da cultura da soja em razão da aplicação ácido húmico e fúlvico na semeadura e foliar. **Revista Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, SP, v. 12, p. 36-42, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5747/ca.2016.v12.nesp.000168>. Disponível em: <http://www.unoeste.br/site/enepe/2016/suplementos/area/Agrariae/Agronomia/DESEMPENHO%20PRODUTIVO%20DA%20CULTURA%20DA%20SOJA%20EM%20RAZ%3%83O%20DA%20APLICA%3%87%3%83O%20%3%81CIDO%20H%3%9AMICO%20E%20F%3%9ALVICO%20NA%20SEMEADURA%20E%20VIA%20FOLIAR.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2020.

CHEN, Y.; CLAPP, C. E.; MAGEN, H. Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: the role of organo-iron complexes. **Soil Science Plant Nutrition**, [s. l.], v. 50, p. 1089–1095, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1080/00380768.2004.10408579>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00380768.2004.10408579>. Acesso em: 14 jan. 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, v. 8, Safra 2020/2021a, n. 12, p. 54-71, set. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 22 out. 2021.

CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. Capítulo 9 - Matéria orgânica do solo, p. 273-293. In: **Recurso solo: propriedade e usos**. São Carlos, ed. Cubo, 2015.

DONG, L.; CORDOVA-KREYLOS, A. L.; YANG, J.; YUAN, H.; SCOW, K. M. Humic acids buffer the effects of urea on soil ammonia oxidizers and potential nitrification. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, p. 1612-162, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.04.023>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S003807170900176X>. Acesso em: 14 jan. 2022.

DUARTE, I.; JUNIOR, H. B. M. J.; SILVA, A. A.; LANA, R. M. Q.; PIRES, M. R. Utilização de ácidos húmicos no revestimento do MAP. **Enciclopedia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2084, 2013. Disponível em:

<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/utilizacao%20de%20acidos.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2022.

DU JARDIN, P. The Science of Plant Biostimulants - A bibliographic analysis. **Ad hoc Study Report to the European Commission DG ENTR**. [s. l.], 2012; Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/5c1f9a38-57f4-4f5a-b021-cad867c1ef3c>. Acesso em: 14 jan. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Perdas econômicas geradas por estresses bióticos e abióticos na produção brasileira de soja no período 2016-2020**. CIRCULAR TÉCNICA n.169. Marcelo Hiroshi Hirakuri. Londrina, PR, abril, 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1131745/1/Circ-Tec-169.pdf>. Acesso em: 25 out. 2021.

FAÇANHA, A. R.; FAÇANHA, A. L. O.; OLIVARES, F. L.; GURIDI, F.; SANTOS, G. A.; VELLOSO, A. C. X.; RUMJANEK, V. M.; BRASIL, F.; SCHRIPEMA, J.; BRAZ-FILHO, R.; OLIVEIRA, M.A.; CANELLAS, L. P. Bioatividade de ácidos húmicos: efeitos sobre o 21 desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1301-1310, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000900014> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/K6w98r8RqdHCb57CvS3vbQm/?lang=pt>. Acesso em: 17 jan. 2022.

GAUTAM, R. K.; NAVARATNA, D.; MUTHUKUMARAN, S.; SINGH, A.; ISLAMUDDIN; MORE, N. Humic Substance. Capítulo: Humic Substances: Its Toxicology, Chemistry and Biology Associated with Soil, **Plants and Environment**, [s.l.], 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.98518>. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/77091>. Acesso em: 18 out. 2021.

GARCÍA, A. C.; BERBARA, R. L. L.; FARÍAS, L. P.; IZQUIERDO F. G.; HERNÁNDEZ, O. L.; CAMPOS, R. H.; CASTO, R. N. Húmic acid of vermicompost as an ecological pathway to increase resistance of rice seedlings to water stress. **African Journal of Biotechnology**, [s. l.] v. 11, p. 3125-3134, 2012. DOI: 10.5897/AJB11.1960. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/230738074_Humic_acids_of_vermicompost_as_an_ecological_pathway_to_increase_resistance_of_rice_seedlings_to_water_stress. Acesso em: 10 jan. 2022.

GARCIA-MINA, J. M.; ANTOLIN, M. C.; SANCHEZ-DIAZ, M. Metal-humic complexes and plant micronutrient uptake: a study based on different plant species cultivated in diverse soil types. **Plant Soil**, [s. l.], p. 57-68, 2004. DOI: 10.1023/B:PLSO.0000016509.56780.40. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/227286495_Metal-humic_complexes_and_plant_micronutrient_uptake_A_study_based_on_different_plant_species_cultivated_in_diverse_soil_types. Acesso em: 14 jan. 2022.

HUA, Q. X.; LI, J. Y.; ZHOU, J. M.; WANG, H. Y.; DU, C. W.; CHEN, X. Q. Enhancement of phosphorus solubility by humic substances in ferrosols. **Pedosphere**, [s. l.], v.18, p. 533-538, 2008. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(08\)60044-2](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(08)60044-2). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1002016008600442>. Acesso em: 14 jan. 2022.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 196, p. 3–14, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423815301850?via%3Dihub>. Acesso em: 12 jan. 2022.

KLECZEK, A.; ANIELAK, A. M. Humic substances and significance of their application – a review. **Technical Transactions**, [s. l.], v. 118, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.37705/TechTrans/e2021012>. Disponível em: <https://sciendo.com/article/10.37705/TechTrans/e2021012>. Acesso: 18 out. 2021.

LEITE, J. M.; PITUMPE ARACHCHIGE, P. S.; CIAMPITTI, I. A.; HETTIARACHCHI, G. M.; MAURMANN, L.; TRIVELIN, P. C. O.; PRASAD, P. V. V.; SUNOJ, S. V. J. Co-addition of humic substances and humic acids with urea enhances foliar nitrogen use efficiency in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). **Heliyon**, [s. l.], v. 6, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05100>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844020319435>. Acesso em: 18 dez. 2021.

LI, Y.; FANG, F.; WEI, J.; WU, X.; CUI, R.; LI, G.; ZHENG, F.; TAN, D. Humic acid fertilizer improved soil properties and soil microbial diversity of continuous cropping peanut: a three-year experiment. **Scientific reports**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 1-9, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48620-4>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-48620-4>. Acesso: 18 dez. 2021.

LIPCZYNSKA-KOCHANY, E. Humic substances, their microbial interactions and effects on biological transformations of organic pollutants in water and soil: A review. **Chemosphere**, [s. l.], v. 202, p. 420-437, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.104>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/323832283_Humic_substances_their_microbial_interactions_and_effects_on_biological_transformations_of_organic_pollutants_in_water_and_soil_A_review. Acesso: 15 dez. 2021.

MAHLER, C. F.; SVIERZOSKI, N. D. S.; BERNARDINO, C. A. R. Humic Substance. **Capítulo: Chemical Characteristics of Humic Substances in Nature**. Edited by Abdelhadi Makan. IntechOpen, [s. l.], 2021. DOI: 10.5772/intechopen.97414. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/351952171_Chemical_Characteristics_of_Humic_Substances_in_Nature. Acesso em: 18 out. 2021.

MARTINAZZO, R.; SANTOS, D. R. (3); GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto afetado pela adição de fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 563- 568, 2007. Disponível em: https://www.rbcsjournal.org/wp-content/uploads/articles_xml/0100-0683-rbcs-S0100-06832007000300016/0100-0683-rbcs-S0100-06832007000300016.x22228.pdf. Acesso em: 17 jan. 2022.

MIRANDA, R. A. D.; BORGHI, E.; KARAN, D.; NETO, M. M. G.; TRINDADE, R. D. S.; RESENDE, A. V. D.; OLIVEIRA, I. R. D.; PARENTONI, S. N.; MENDES, S. M.;

DUARTE, J. D. O. Capítulo 6. Aumento de produtividade e rentabilidade de milho com intensificação tecnológica. In: **TECNOLOGIAS POUPA-TERRA 2021**, Embrapa, Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131517/tecnologias-poupa-terra-2021>. Acesso em: 22 out. 2021.

MORA, V.; BAIGORRI, R.; BACAICOA, E.; ZAMARREÑO, A. M.; GARCÍA-MINA, J. M. (2012) The humic acid-induced changes in the root concentration of nitric oxide, IAA and ethylene do not explain the changes in root architecture caused by humic acid in cucumber. **Environmental and Experimental Botany**, [s. l.], v. 76, p. 24-32, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.10.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847211002401>. Acesso em: 22 nov. 2021.

NANNIPIERI, P.; MUCCINI, L.; CIARDI, C. Microbial biomass and enzyme activities: production and persistence. **Soil Biology and Biochemistry**, [s. l.], v. 15, p. 679-685, 1983. DOI: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(83\)90032-9](https://doi.org/10.1016/0038-0717(83)90032-9). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0038071783900329?via%3Dihub>. Acesso: 18 dez. 2021.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 1 ed., p. 1017, 2007. ISBN: 978-85-86504-08-2.

OLAETXEA, M.; MORA, V.; BACAICOA, E.; BAIGORRI, R.; GARNICA, M.; FUENTES, M. Root ABA and H⁺-ATPase are key players in the root and shoot growth-promoting action of humic acids. **Plant Direct**, [s. l.], v. 3, p. 1–12, 2019. DOI: 10.1002/pld3.175. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/336377516_Root_ABA_and_H_ATPase_are_key_players_in_the_root_and_shoot_growth-promoting_action_of_humic_acids. Acesso em: 18 dez. 2021.

RICE, J. A.; MACCARTHY, P. Statistical evaluation of the elemental composition of humic substances. **Organic Geochemistry**, [s. l.], v. 17, p. 635-648, 1991. DOI: [https://doi.org/10.1016/0146-6380\(91\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0146-6380(91)90006-6). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0146638091900066?via%3Dihub>. Acesso em: 15 dez. 2021.

RICE, J. A. Humin. **Soil Science**, [s. l.], v. 166, p. 848-857, 2001. DOI: 10.1097/00010694-200111000-00009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279407691_Humin. Acesso: 15 dez. 2021.

RODRIGUES, L. A.; ALVES, C. Z.; REGO, C. H. Q.; SILVA, T. R. B. D.; SILVA, J. B. D. Humic acid on germination and vigor of corn seeds. **Revista Caatinga**, [s. l.], v. 30, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n116rc>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/VX5nJWNtzRx5FyF5NVDgDNm/?lang=en>. Acesso em: 26 jan. 2022.

ROCHA, B. M. M.; LIMA, C. P.; CHRIST, E. A.; SANTOS, I. B.; OLIVEIRA, R.; SILVEIRA, L. M.; ALMEIDA, R. Substâncias húmicas aplicadas no sulco de plantio da cultura da soja. **Anais CIC**, [s. l.], 2013. Disponível em:

<https://cic.unifio.edu.br/anaisCIC/anais2013/PDF/AGRONOMIA/agro010.pdf>. Acesso: 7 dez. 2021.

ROMBEL-BRYZEK, A.; PISAREK, I. Wpływ kwasów huminowych na aktywność metaboliczną buraka cukrowego w warunkach suszy. **Proceedings of ECOpole**, [s. l.], p. 279–286, 2017. [http://doi.org/10.2429/proc.2017.11\(1\)030](http://doi.org/10.2429/proc.2017.11(1)030). Disponível em: http://tchie.uni.opole.pl/PECO17_1/Rombel-Wplyw_PECO17_1.pdf. Acesso em: 18 dez. 2021.

ROSA, C. M. DA; CASTILHOS, R. M. V.; VAHL, L. C.; CASTILHOS, D. D.; PINTO, L. F. S.; OLIVEIRA, E. S.; LEAL, O. D. A. Efeito de substancias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 959-967, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000400020>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/5H9fX3DwPMjYRdZbwdNDY8y/?lang=pt>. Acesso: 18 dez. 2021.

SILVA, R. M.; JABLONSKI, A.; SIEWERDT, L.; SILVEIRA JÚNIOR, P. Crescimento da parte aérea e do sistema radicular do milho cultivado em solução nutritiva adicionada de substâncias húmicas. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 5, p. 101-110, 1999. DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.18539/CAST.V5I2.277](https://doi.org/10.18539/CAST.V5I2.277). Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/277>. Acesso em: 10 jan. 2022.

SCHEFE, C. R.; PATTI, A. F.; CLUNE, T. S.; JACKSON, R. Organic amendments increase soil solution phosphate concentrations in na acid soil: a controled environment study. **Soil Science**, [s. l.], v. 173, p. 267-276, 2008. DOI: 10.1097/SS.0b013e31816d1e3b. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/232121137_Organic_Amendments_Increase_Soil_Solution_Phosphate_Concentrations_in_An_Acid_Soil_A_Controlled_Environment_Study. Acesso em: 14 jan. 2022.

SILVA, A. C.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; DOBBSS, L. B.; AGUIAR, N. O.; FRADE, D. A. R.; REZENDE, C. E.; PERES, L. E. P. Promoção do crescimento radicular de plântulas de tomateiro por substâncias húmicas isoladas de turfeira. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1609-1617, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000500015>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/8LFk3VTZLFCnbcSF73CrCYC/?lang=en>. Acesso em: 17 jan. 2020.

STEVENSON, F. J. Humus chemistry: Genesis, composition and reactions. **John Wiley & Sons**, New York, 2 ed. p. 443, 1994. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=7kCQch_YKoMC&printsec=copyright&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 10 nov. 2021.

TIRLONI, C.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; TIRLONI, D.; COIMBRA, D.S. Disponibilidade de fósforo em função das adições de calagem e de um bioativador do solo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 977-984, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000400006>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cagro/a/y5zJ4x64cHvbWZHLq8dSdkQ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 17 jan. 2022.

TREVISAN, S.; BOTTON, A.; VACCARO, S.; VEZZARO, A.; QUAGGIOTTI, S.; NARDI, S. Humic substances affect Arabidopsis physiology by altering the expression of genes involved in primary metabolism, growth and development. **Environmental and Experimental Botany**, [s. l.], v. 74, p.45-55, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.04.017>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0098847211001092>. Acesso em: 22 nov. 2021.

VAN OOSTEN, M. J.; PEPE, O.; DE PASCALE, S.; SILLETTI, S.; MAGGIO, A. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, [s. l.], ed. 4, v.5, p. 1-12, 2017. DOI : <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>. Disponível em: <https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/s40538-017-0089-5#citeas>. Acesso em: 18 dez. 2021.

VARANINI, Z.; PINTON, R.; DE BIASE, M. G.; ASTOLFI, S.; MAGGIONI, A. Low molecular weight humic substances stimulate H⁺-ATPase activity of plasma membrane vesicles isolated from oat (*Avena sativa* L.) roots. **Plant and Soil, Dordrecht**, [s. l.], v. 153, p. 61-69, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00010544>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00010544>. Acesso em: 18 dez. 2021.

WEBE, P. J. Humic Substances and their Role in the Environment, in EC Agriculture 2020, EC AGRICULTURE **Editor's Choice**, [s. l.], p. 03-08, 2020.

YANG, F.; ANTONIETTI, M. The sleeping giant: A polymer View on humic matter in synthesis and applications. **Progress in Polymer Science**, [s. l.], v. 100, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2019.101182>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670019301881?via%3Dihub>. Acesso em: 20 out. 2021.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; DOBBSS, L. B.; OLIVARES, F. L.; CANELLAS, L. P.; BINZEL, M. L.; OKOROKOVA-FAÇANHA, A. L.; FAÇANHA, A. R. 2010. Nitric oxide mediates humic acids-induced root development and plasma membrane H⁺-ATPase activation. **Planta**, [s. l.], v. 231, p. 1025-1036, 2010. DOI: 10.1007/s00425-010-1106-0. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/41420338_Nitric_oxide_mediates_humic_acids-induced_root_development_and_plasma_membrane_H-ATPase_activation. Acesso em: 18 dez. 2021.

ZHOU, L.; MONREAL, C. M.; XU, S.; MCLAUGHLIN, N. B.; ZHANG, H.; HAO, G.; LIU, J. (2019). Effect of bentonite-humic acid application on the improvement of soil structure and maize yield in a sandy soil of a semi-arid region. **Geoderma**, [s. l.], v. 338, p. 269–280, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.12.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706118315076?via%3Dihub>. Acesso em: 18 dez. 2021

CAPÍTULO 2

FONTES E DOSES DE BIOFERTILIZANTES NA CULTURA DA SOJA

RESUMO

Diante da importância da cultura da soja no agronegócio brasileiro e a busca por novas tecnologias que proporcionem sistemas produtivos mais eficientes e sustentáveis, despertou-se o interesse na utilização de biofertilizantes vegetais. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar atributos de crescimento, aspectos nutricionais e de rendimento, bem como os atributos químicos do solo após a colheita em função da aplicação de biofertilizantes contendo ácidos fúlvico e húmico no sulco de semeadura, na cultura da soja. O experimento foi realizado no município de Paracatu, Minas Gerais, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições em uma estrutura fatorial $4 \times 3 + 1$. O primeiro fator formado por quatro diferentes fontes de biofertilizantes (identificados como Biof. 1, Biof. 2, Biof. 3 e Biof. 4), o segundo fator atendido pelo uso de três doses (2, 4 e 6 L ha^{-1}), e o tratamento adicional como a ausência de aplicação de substâncias húmicas (controle), totalizando 13 tratamentos. Foram constatados diferentes resultados entre as fontes e doses avaliadas dos biofertilizantes. Tendo a dose adequada variado de acordo com o biofertilizante. Os biofertilizantes aumentaram a absorção de nutrientes pelas plantas, e a disponibilidade de nutrientes no solo. Não sendo verificada interferência nas variáveis de crescimento e rendimento da cultura da soja.

Palavras-chaves: biofertilizante; ácido húmico; ácido fúlvico.

ABSTRACT

Given the importance of soybean cultivation in Brazilian agribusiness and the search for new technologies that provide more efficient and sustainable production systems, interest in the use of vegetable biofertilizers was awakened. In this context, the objective of this work was to evaluate growth attributes, nutritional aspects and yield, as well as the chemical attributes of the soil after harvesting as a function of the application of biofertilizers containing fulvic and humic acids in the sowing furrow, in the soybean crop. The experiment was carried out in the municipality of Paracatu, Minas Gerais, in a randomized block design, with four replications, in a $4 \times 3 + 1$ factorial structure. The first factor formed by four different sources of biofertilizers (identified as Biof. 1, Biof. 2, Biof. 3 and Biof. 4), the second factor attended by the use of three doses (2, 4 and 6 L ha^{-1}), and the additional treatment such as the absence of application of humic substances (control), totaling 13 treatments. Different results were observed between the sources and doses of biofertilizers evaluated. Having the appropriate dose varied according to the biofertilizer. Biofertilizers increased nutrient uptake by plants, and nutrient availability in the soil. No interference was verified in the variables of growth and yield of the soybean crop.

Keywords: biofertilizer; humic acid; fulvic acid.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) exerce papel importante na economia global, sendo a principal commodity agrícola. De acordo com dados do quarto levantamento da safra brasileira de grãos, a área plantada para a safra 2021/2022 é estimada em 40,4 milhões de hectares, sendo prevista uma produção de 140,5 milhões de toneladas de grãos de soja (CONAB, 2022).

Os grãos podem ser usados tanto pela agroindústria na produção de óleo vegetal e rações para a alimentação animal, quanto para a indústria química e de alimentos. O uso como fonte alternativa de biocombustível também vem ganhando cada vez mais espaço (COSTA NETO; ROSSI, 2000).

Atualmente, a conquista de altas produtividades no campo está ligada diretamente a utilização de novas tecnologias e de um conjunto de boas práticas agrícolas, que visam à geração de melhores resultados no campo de forma equilibrada e sustentável. Um dos fatores fundamentais na expressão do potencial produtivo das culturas é a nutrição de plantas, sendo crucial a disponibilização dos nutrientes essenciais, em quantidades e momentos adequados, uma vez que o desequilíbrio nutricional poderá ocasionar decréscimo de produtividade (MENDES, 2010).

Neste cenário o interesse e a aplicação de produtos à base de substâncias húmicas (SHs) em lavouras comerciais vêm ganhando cada vez o mercado em decorrência dos resultados obtidos especialmente em cultivos de alto interesse econômico (CUNHA et al., 2009; BALDOTTO et al., 2009).

Existem relevantes evidências de que a aplicação exógena de SHs pode contribuir com a melhoria da fertilidade do solo, geradas principalmente em virtude de suas complexas estruturas químicas, que por sua vez facilitam as interações com uma enorme variedade de componentes orgânicos, minerais e não minerais do solo (ROSE et al., 2014).

Dentre os principais benefícios proporcionados pelas SHs no solo merecem destaque a melhoria na agregação e estrutura do solo; a ampliação da capacidade de retenção de água; o aumento da capacidade de tamponamento de pH e CTC; o aumento da biodisponibilidade de macro e micronutrientes; e a diminuição da toxicidade do Al e de metais pesados (CHEN et al., 2004; IMBUFE et al., 2005; MARTINAZZO et al., 2007; OLAETXEA et al., 2019; PEIRIS et al., 2002; PICCOLO; MBAGWU, 1989;

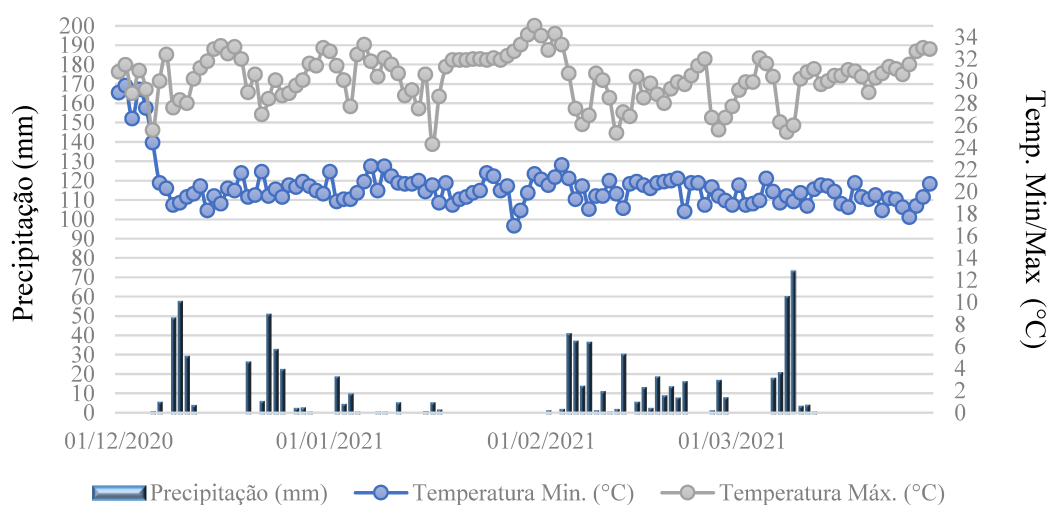
PICCOLO et al., 1997; STEVENSON, 1994; TAN E BINGER, 1986; VAN OOSTEN et al., 2017).

Considerando os benefícios das substâncias húmicas descritos na literatura e a atual busca pela sustentabilidade dos processos de produção, objetivou-se neste trabalho avaliar atributos de crescimento, aspectos nutricionais e de rendimento, bem como os atributos químicos do solo após a colheita em função da aplicação de ácidos fúlvicos e húmicos no sulco de semeadura, para a cultura da soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área comercial no período entre 01/12/20 a 30/03/2021, na fazenda Santa Julieta, localizada na cidade de Paracatu-MG, a 17°13'21" latitude Sul e 46°52' 31" longitude Oeste de Greenwich, a uma altitude média de 696 m.

Figura 1 - Pluviosidade e temperatura em Paracatu-MG no período de 01 de dezembro de 2020 a 30 de março de 2021.



Fonte: Informações fornecidas pelo INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2021).

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, em uma estrutura fatorial $4 \times 3 + 1$. O primeiro fator formado por 4 diferentes fontes de biofertilizantes, e o segundo fator atendido pelo uso de 3 doses (2, 4 e 6 L ha^{-1}), e o tratamento adicional correspondente a ausência de aplicação de substâncias húmicas (controle), totalizando 13 tratamentos (Tabela 1).

Os biofertilizantes utilizados foram denominados como Biof. 1, Biof. 2, Biof. 3 e Biof. 4 (Tabela 1).

Tabela 1 - Doses e fontes de biofertilizantes avaliados para a cultura da soja. Paracatu, 2021.

Tratamentos	Biofertilizantes	Dose (L ha ⁻¹)*
T1	Biof. 1	2
T2	Biof. 1	4
T3	Biof. 1	6
T4	Biof. 2	2
T5	Biof. 2	4
T6	Biof. 2	6
T7	Biof. 3	2
T8	Biof. 3	4
T9	Biof. 3	6
T10	Biof. 4	2
T11	Biof. 4	4
T12	Biof. 4	6
T13	Controle - Ausência de aplicação	-

*Volume de calda: 200 L ha⁻¹.

As doses dos biofertilizantes foram definidas com o objetivo de estabelecer uma curva de resposta para a cultura da soja.

Tabela 2 - Composição química (%) dos biofertilizantes.

Biof. 1	Ácido Húmico	Ácido Fúlvico						
	1	9						
Biof. 2	Carbono Orgânico	Ácido Húmico	Ácido Fúlvico	K ₂ O				
	12	18	3	4,8				
Biof. 3	Ácido Húmico	N	Ácido Fosfórico	K	Mg	Ca	B	Fe
	5,5	0,1	0,03	1,5	0,02	0,17	0,01	0,02
Biof. 4	Ácido Húmico	N	P	K				
	5,5	4	1	3				

Fonte: Informações fornecidas pelas empresas produtoras.

2.1 Condução

Para caracterização química e física inicial do solo, realizou-se coletas de amostras simples, de 0-20 cm de profundidade, para posterior formação de uma amostra composta, segundo recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999), e enviada para o laboratório da empresa Safrar em

Uberlândia – MG (Tabela 3). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2013).

Tabela 3 - Caracterização química e física da amostra do Latossolo Vermelho Amarelo. Paracatu, 2021.

Características químicas									
pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Pres.	K ⁺	H=Al	CTC	SB
01:02,5		---- cmol _c dm ⁻³ ---		---	-- mg dm ⁻³ --			---- cmol _c dm ⁻³ ---	
6,3	5,7	3,78	1,22	0,0	25,5	131,1	2,68	8,02	5,34
t	M.O.	C.O.	B	Cu	Fe	Mn	Zn	V	m
cmol _c dm ⁻³	--- dag kg ⁻¹ ---								
						mg dm ⁻³		----- % -----	
3,45	1,3	0,8	0,25	2,11	15,0	10,61	2,64	67	0
Características físicas									
Solo	Areia total			Silte			Argila		
	----- g kg ⁻¹ -----								
	268			191			541		

pH em H₂O; Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L⁻¹); P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich⁻¹); S em fosfato de cálcio 0,01 mol L⁻¹; H + Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); Cu, Fe, Mn, Zn = (DTPA 0,005 mol L⁻¹ + TEA 0,1 mol L⁻¹ + CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ a pH 7,3) cmol_c dm⁻³ x 10 = mmol_c dm⁻³ / mg dm⁻³ = ppm / dag kg⁻¹ = %; CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; M.O. = Método Colorimétrico; Metodologias baseadas em EMBRAPA (2009). Análise Textual pelo método da Pipeta (EMBRAPA, 2009).

A semeadura foi realizada no dia 01 de dezembro de 2020, em linhas espaçadas de 0,5 m e população ajustada para 250 mil plantas por hectare. A cultivar utilizada foi a PIONEER 90Y30, inoculada com *Bradyrhizobium japonicum*.

As unidades experimentais foram constituídas por 6 linhas de 8 metros de comprimento, totalizando 24 m² por parcela. O manejo da adubação, plantas daninhas, pragas e doenças foram feitos de forma igualitária para toda área experimental de acordo com o manejo ajustado pelo produtor rural.

Tendo sido realizadas a aplicação de 500 kg ha⁻¹ de gesso agrícola, 400 kg ha⁻¹ de óxido de Ca e Mg, 20 kg ha⁻¹ de óxido de cobre, 40 kg ha⁻¹ de óxido de zinco, 2 t ha⁻¹ de fosfato MTM, 300 kg ha⁻¹ do fertilizante organomineral peletizado Vigor (06 - 24 - 08) e 3 kg ha⁻¹ de octaborato de sódio na dessecação.

Os tratamentos foram aplicados logo após a semeadura com auxílio de um pulverizador de CO₂, equipamento de pressão constante (30 psi), sendo utilizado volume de calda de 200 L ha⁻¹. O tratamento controle consistiu na ausência de aplicação de biofertilizante.

2.2 Avaliações

Aos 74 dias após semeadura (DAS) foram coletadas 10 plantas de cada parcela experimental, fora da área destinada para a colheita, sendo avaliada a altura de planta (cm), diâmetro do caule (mm) e massa verde da parte aérea (g).

A medição para a altura das plantas foi realizada com uma trena graduada em cm, e compreendeu a distância na haste principal entre o colo e a extremidade da planta. O diâmetro do caule foi determinado na altura do nó cotiledonar em sentido contrário à inserção destes, com auxílio de um paquímetro digital graduado em milímetros. A massa fresca da parte aérea foi quantificada a partir de pesagem imediata após a colheita no campo.

Determinou-se o nível crítico do índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) por meio do medidor portátil SPAD-502 Plus (Soil-Plant Analysis Development-502 da Minolta Co., Osaka, Japão, 1989). O aparelho SPAD-502 permite a obtenção de um índice relativo da clorofila (IRC), ou índice SPAD, ao avaliar quantitativamente a intensidade da coloração verde da folha; medindo a transmissão de luz a 650 nm onde ocorre a absorção de luz pelas moléculas de clorofila, e a 940 nm onde não ocorre a absorção.

As avaliações dos índices SPAD foram realizadas em cada folíolo dos terceiros trifólios (totalmente desenvolvidos) de 5 plantas escolhidas ao acaso na área útil de cada parcela, no período da manhã (08h00min 9h00min) aos 74 DAS, totalizando 15 leituras por parcela, sendo calculada a média dos índices obtidos.

Para análise química foliar de macro e micronutrientes foram coletadas amostras referentes ao terceiro trifólio (totalmente desenvolvidos) de 12 plantas, fora da área destinada à colheita, de cada parcela experimental, aos 74 DAS. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas ao laboratório Safrar, seguindo metodologia proposta por EMBRAPA (2009).

A colheita da soja foi realizada no dia 30 de março de 2021, nos 4 metros centrais de 3 linhas internas de cada parcela, representando 12 metros lineares colhidos. A massa de grãos foi mensurada a partir de trilha mecânica das plantas colhidas. Os dados obtidos foram convertidos para kg ha⁻¹ após a correção da umidade para 13%, conforme demonstrado abaixo:

$$PF = PI \times (100 - UI) / (100 - UF)$$

Sendo:

PF: peso final da amostra;

PI: peso inicial da amostra;

UI: umidade inicial da amostra;

UF: umidade final da amostra (13%)

Para determinação do peso de mil sementes (PMS), utilizou-se 8 repetições de 100 sementes, as quais foram pesadas em balança de precisão (0,001g), seguindo os critérios estabelecidos pela RAS (BRASIL, 2009). Posteriormente, realizou-se a correção da umidade para 13%.

Durante a colheita, foram coletadas 10 plantas de cada parcela, fora da área destinada à colheita, a fim de se determinar a quantidade média de vagens contendo zero (chochas), um, dois, três e quatro grãos; e o número total de grãos por planta.

Após a colheita a fim de se verificar a influência da aplicação dos biofertilizantes sobre as características químicas do solo cultivado, foram coletadas amostras de solo referentes a cada parcela, que por sua vez foram encaminhadas ao laboratório Safrar para determinação das análises químicas do solo. No laboratório as amostras passaram por processos de secagem em estufa de circulação forçada de ar (45°C por 48h); foram trituradas com uso de destorroador manual e peneiradas (peneira com malha de 2 mm de diâmetro). Sendo realizadas em seguida as análises químicas com base na metodologia da Embrapa (DOMAGEMMA et al., 2011).

2.3 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram inicialmente testados quanto às pressuposições de normalidade de resíduos (KS - corrigido por Lilliefors), homogeneidade das variâncias (Levene) e aditividade de bloco (Tukey) utilizando o programa R Core Team (2020), versão 4.0.2.

Posteriormente foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa R Core Team (2020). Sendo realizado o teste de Tukey (0,05 de significância) para comparação entre as médias e o teste de Dunnett (0,05 de significância) para comparação entre as médias do fatorial e as médias do adicional.

Para a busca de modelos de regressões dos dados quantitativos foi utilizado o software Sigma Plot for Windows Version 11.0 Build 11.0.0.77, e o programa R Core Team (2020) - versão 4.0.2, admitindo modelos que foram significativos e apresentaram coeficiente de determinação (R^2) acima de 70%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a todos os tratamentos avaliados, a aplicação dos biofertilizantes não resultou em incremento no índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) para as plantas de soja. Não havendo diferença significativa da testemunha para os demais tratamentos (Tabela 4).

De acordo como Yokoyama et al. (2017), o índice SPAD é uma variável que apresenta alta correlação com o teor de clorofila e N, sendo uma ferramenta eficaz de estimar a quantidade de N assimilada pelas plantas ao longo do desenvolvimento da cultura. Contudo, a partir dos resultados obtidos com a análise foliar de nitrogênio pode-se constatar diferença significativa entre os teores obtidos com a aplicação dos biofertilizantes avaliados e o controle, a partir do teste F e do teste de Dunnet (Tabela 4).

O que pode ser explicado pelo provável efeito de concentração do N nos trifólios avaliados. Uma vez que, a concentração dos nutrientes no tecido vegetal depende das taxas de crescimento e de absorção dos nutrientes, podendo ocorrer efeito de concentração ou de diluição. Suponha-se, que no momento na coleta das amostras, as plantas estivessem com maior conteúdo deste nutriente nos tecidos, que posteriormente seriam translocados para outros tecidos em desenvolvimento, não sendo utilizados na composição das moléculas de clorofila, e por isso não foram constatadas diferenças pelo índice SPAD.

Tabela 4 - Estimativas do índice SPAD em soja, cultivar PIONEER 90Y30, em função da aplicação de biofertilizantes, aos 74 DAS. Paracatu-MG, 2021.

Fonte	Dose (L ha ⁻¹)			Média
	2	4	6	
	Índice SPAD ^{ns}			
Biof. 1	42,49	43,68	45,19	43,78
Biof. 2	44,26	43,11	44,84	44,07
Biof. 3	44,20	44,43	43,72	44,12
Biof. 4	43,51	45,16	44,03	44,23
Média	43,61	44,10	44,44	
Controle [□]	43,88			
CV (%)	2,96			

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F a 0,05 de

significância. □ Valores que diferem do controle (testemunha) pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

As variáveis diâmetro do caule, altura da planta e massa verde da parte aérea da soja, aos 74 DAS, não foram influenciadas pela aplicação de biofertilizantes (Tabela 5).

Em contrapartida, em experimentos realizados por Catuchi et al. (2016), avaliando a aplicação de ácido húmico e fúlvico no sulco de semeadura e via foliar na cultura da soja, constataram aumento no acúmulo de biomassa das plantas, com a aplicação de AH no sulco de semeadura e via foliar na dose de 380 g ha⁻¹ (estádio V4), e com a aplicação de 200 g ha⁻¹ de AF no sulco de semeadura.

Tabela 5 - Diâmetro do caule (mm), altura de planta (cm) e massa verde da parte aérea, de soja, cultivar PIONEER 90Y30, aos 74 DAS, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.

Fonte	Dose (L ha ⁻¹) Média				Dose (L ha ⁻¹) Média				Dose (L ha ⁻¹) Média			
	2	4	6	Média	2	4	6	Média	2	4	6	Média
	Diâmetro do Caule (mm) ^{ns}				Altura de planta (cm) ^{ns}				Massa verde parte aérea (g) ^{ns}			
Biof. 1	9,39	10,38	9,68	9,82	92,96	95,67	95,25	94,63	220,63	271,04	198,75	230,14
Biof. 2	9,63	10,49	10,36	10,16	88,79	100,83	93,79	94,47	201,50	243,25	242,29	229,01
Biof. 3	10,02	10,48	10,45	10,32	95,38	96,21	97,54	96,38	268,46	219,29	245,08	244,28
Biof. 4	10,36	9,61	10,33	10,10	89,71	97,29	99,46	95,49	234,63	192,21	224,38	217,07
Média	9,85	10,24	10,21		91,71	97,50	96,51		231,30	231,45	227,63	
Controle □	9,59				90,83				215,21			
CV (%)	7,42				9,76				18,97			

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. □ Valores que diferem do controle (testemunha) pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Para fins comparativos, utilizou-se como base o intervalo de nutrientes sugeridos por Sfredo et al. (1999) e Sfredo et al. (2001) para os teores foliares adequados para a cultura da soja.

De acordo com a faixa recomendada para a cultura, o teor de foliar de N esteve abaixo ou dentro da faixa recomendada, enquanto P, K, S, Ca e Mg estiveram dentro ou acima da faixa recomendada.

Ao analisar os teores foliares de macronutrientes aos 74 DAS, pode-se constatar diferenças estatísticas nos teores de nitrogênio (N), enxofre (S) e magnésio (Mg) (Tabela 6).

De acordo com os resultados obtidos para o teor foliar de N, observou-se aumentos significativos em relação à ausência da aplicação com a utilização dos biofertilizantes Biof. 1 (1% AH e 9% AF) e Biof. 3 (5,5% AH, 0,1% N, 0,03% H_3PO_4 , 1,5 K, 0,02% Mg, 0,17% Ca, 0,01% B e 0,02% Fe), dependendo da dose utilizada, e do Biof. 2 (12% CO, 18% AH, 3% AF e 4,8% de K_2O) independentemente da dose.

Tendo para os biofertilizantes Biof 1 e Biof. 2 as doses de 4 Lha^{-1} e 6 Lha^{-1} (Biof. 1) e 2 Lha^{-1} e 4 Lha^{-1} (Biof. 3) proporcionado maior acúmulo de nitrogênio nas folhas de soja aos 74 DAS (Tabela 6).

A partir da análise quantitativa das doses do biofertilizante Biof. 1 para o teor foliar de N, ajustou-se um modelo linear, com R^2 de 99,83%, representando alta correlação com os dados (Figura 2).

Para o enxofre, foram constatados aumentos significativos no teor foliar com a aplicação dos biofertilizantes Biof. 3 e Biof. 4, na dose 2 L ha^{-1} (Tabela 6).

Para ao teor foliar de magnésio observou-se aumento significativo com a adição do biofertilizante Biof. 3, na dose 6 Lha^{-1} (Tabela 6). Resultado que pode ser reflexo do percentual de Mg presente nesta fonte, uma vez que as demais não continham esse elemento em sua composição.

O aumento na absorção de nutrientes proporcionado pela presença de substâncias pode ser reflexo da capacidade destas substâncias de aumentar a permeabilidade da membrana plasmática. Por meio da ação surfactante destas substâncias e pela ativação da H^+ -ATPase de membrana. O gradiente eletroquímico gerado pela H^+ -ATPase, está diretamente envolvido nos mecanismos responsáveis pelo desenvolvimento vegetal, na energização de sistemas secundários responsáveis pela absorção de nutrientes e pelo aumento da plasticidade celular (CANELLAS, SANTOS, 2005; VARANINI et al., 1993).

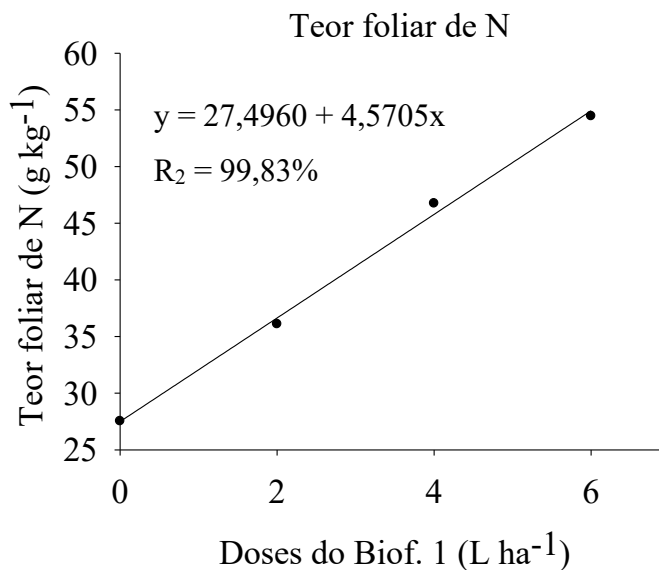
Tabela 6 - Teores foliares de macronutrientes, aos 74 DAS, de soja, cultivar PIONEER 90Y30, em função da aplicação de biofertilizantes.

Fonte	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média	
	2	4	6			2	4	6			2	4	6			
	N (g kg ⁻¹)*					P (g kg ⁻¹) ^{ns}					K (g kg ⁻¹) ^{ns}					
Biof. 1	36,10 B	46,75 [□] A	54,45 [□] A		45,77	3,50	3,48	3,68		3,55	18,75	19,25	19,25		19,08	
Biof. 2	48,38 [□] A	53,30 [□] A	49,48 [□] A		47,05	3,50	3,45	3,55		3,50	19,00	19,75	18,00		18,92	
Biof. 3	52,80 [□] A	49,70 [□] A	33,05 B		45,18	3,60	3,50	3,65		3,58	17,75	18,00	18,75		18,17	
Biof. 4	29,33 B	31,25 B	30,83 B		30,47	3,60	3,68	3,50		3,59	19,25	18,25	19,75		19,08	
Média	41,65	45,25	41,95			3,55	3,53	3,59			18,69	18,81	18,94			
Controle [□]	27,53					3,30					17,00					
Sfredo <i>et al.</i> (1999) Sfredo <i>et al.</i> (2001)	45,0 – 55,0					2,5 – 5,0					17,0 – 25,0					
CV (%)	15,26					7,45					8,22					
Fonte	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média	
	2	4	6			2	4	6			2	4	6			
	S (g kg ⁻¹)*					Ca (g kg ⁻¹) ^{ns}					Mg (g kg ⁻¹)*					
Biof. 1	3,93	4,05	4,15		4,04 B	11,08	11,56	10,71		11,12	4,43	4,55	4,47		4,48 B	
Biof. 2	4,08	4,00	4,15		4,08 B	11,12	11,26	12,00		11,46	4,45	4,51	4,76		4,57 AB	
Biof. 3	4,60 [□]	4,25	4,35		4,40 A	11,95	11,90	11,93		11,93	4,79	4,72	4,91 [□]		4,81 A	
Biof. 4	4,58 [□]	4,45	4,38		4,47 A	11,07	11,13	11,65		11,28	4,56	4,55	4,65		4,59 AB	
Média	4,29	4,19	4,26			11,31	11,46	11,57			4,56	4,58	4,70			
Controle [□]	3,85					11,05					4,28					
Sfredo <i>et al.</i> (1999) Sfredo <i>et al.</i> (2001)	2,0 – 4,0					3,5 – 20,0					2,5 – 10,0					
CV (%)	6,16					2,42					5,48					

Paracatu-MG, 2021.

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. [□] Valores que diferem do controle (testemunha) pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Figura 2 - Teor foliar de nitrogênio (g kg^{-1}), na soja, em função das doses do produto Biof. 1 (L ha^{-1}).



Fonte: A autora.

De acordo com a faixa recomendada para a cultura, os teores foliares de micronutrientes estiveram dentro ou acima da faixa recomendada (SFREDO et al., 1999; SFREDO et al., 2001). Não sendo observados aumentos nos teores foliares de micronutrientes com a aplicação dos biofertilizantes avaliados, quando comparados ao controle (Tabela 7).

Para o teor foliar de boro, foi constatado que a aplicação do biofertilizante Biof. 4 (5,5% AH, 4% N, 1% P e 3% K) aumentou o teor deste nutriente nas folhas de soja em relação ao Biof. 2 (12% CO, 18% AH, 3% AF e 4,8% de K_2O) (Tabela 7).

Tabela 7 - Teores foliares de micronutrientes, aos 74 DAS, de soja, cultivar PIONEER 90Y30, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.

Fonte	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média
	2	4	6	2		4	6	2	4		6				
	Cu (mg kg ⁻¹) ^{ns}					Fe (mg kg ⁻¹) ^{ns}					Mn (mg kg ⁻¹) ^{ns}				
Biof. 1	13,25	13,70	13,50	13,48	198,25	197,50	192,50	196,08	83,25	131,00	116,50	110,25			
Biof. 2	13,10	13,18	12,80	13,03	184,50	170,50	234,00	196,33	135,50	112,50	95,00	114,33			
Biof. 3	12,60	13,38	12,88	12,95	208,75	203,50	210,75	207,67	183,50	149,00	120,00	150,83			
Biof. 4	12,00	12,85	12,53	12,46	214,75	200,75	212,00	209,17	144,50	107,75	126,25	126,17			
Média	12,74	13,28	12,93		201,56	193,06	212,31		136,69	125,06	114,44				
Controle [□]	11,93				191,50				115,75						
Sfredo <i>et al.</i> (1999)	6 - 14				50 - 350				20 - 100						
Sfredo <i>et al.</i> (2001)															
CV (%)	11,36				15,75				5,59						
Fonte	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média					
	2	4	6	2		4	6								
	Zn (mg kg ⁻¹) ^{ns}					B (mg kg ⁻¹)*									
Biof. 1	64,75	70,75	68,25	67,92	64,30	67,63	54,05	61,99 AB							
Biof. 2	68,50	68,00	65,25	67,25	50,23	66,28	53,30	56,60 B							
Biof. 3	76,50	68,75	66,25	70,50	51,53	65,85	72,38	63,25 AB							
Biof. 4	61,75	63,25	66,75	63,92	79,90	78,08	83,75	80,58 A							
Média	67,88	67,69	66,63		61,49	69,46	65,87								
Controle [□]	65,75				56,6										
Sfredo <i>et al.</i> (1999)	20 - 50				20 - 55										
Sfredo <i>et al.</i> (2001)															
CV (%)	11,94				28,58										

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. [□] Valores que diferem do controle (testemunha) pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Quanto aos componentes de rendimento da soja, não foram detectadas diferença entre a aplicação das fontes de SHs e o controle (Tabelas 8 e 9). Consequentemente, nas condições do presente estudo, não foi detectada interferência na produtividade da soja em decorrência da aplicação de ácido húmico e fúlvico.

A aplicação de biofertilizantes no primeiro ano pode não ter sido suficiente para proporcionar aumento nas variáveis de rendimento da cultura, podendo ser observados incrementos com sua utilização ao longo do tempo. Li et al. (2019) avaliando os efeitos contínuos da aplicação de AH na cultura do amendoim em três anos consecutivos, constataram melhorias no rendimento e na qualidade do amendoim em cultivo contínuo devido à melhoria das propriedades físico-químicas, atividades enzimáticas e diversidade microbiana do solo.

Tabela 8 - Número de vagens com zero (NV0G), um (NV1G), dois (NV2G), três (NV3G) e quatro (NV4G) grãos, de soja, cultivar PIONEER 90Y30, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.

Fonte	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média
	2	4	6			2	4	6			2	4	6		
	NV0G (pl ⁻¹) ^{ns}					NV1G (pl ⁻¹) ^{ns}					NV2G (pl ⁻¹) ^{ns}				
Biof. 1	0,92	1,38	1,58		1,29	17,25	16,75	20,15		18,05	42,58	43,00	48,48		44,68
Biof. 2	1,25	2,83	1,67		1,92	16,08	17,45	16,23		16,58	44,80	41,43	48,08		44,77
Biof. 3	1,54	1,04	1,50		1,36	16,03	16,73	19,80		17,52	39,58	43,08	49,18		43,94
Biof. 4	1,17	1,13	1,13		1,14	13,85	15,35	15,15		14,78	37,43	45,25	38,65		40,44
Média	1,22	1,59	1,47			15,80	16,57	17,83			41,09	43,19	46,09		
Controle [□]	1,96					15,05					39,23				
CV (%)	86,77					29,41					19,26				

Fonte	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média						
	2	4	6			2	4	6								
	NV3G (pl ⁻¹) ^{ns}					NV4G (pl ⁻¹) ^{ns}										
Biof. 1	57,78	57,95	68,23		61,32	0,40	0,65	0,80		0,62						
Biof. 2	57,93	55,28	67,35		60,18	0,60	0,33	0,85		0,59						
Biof. 3	55,23	60,93	61,28		59,14	0,30	0,50	0,75		0,52						
Biof. 4	52,60	62,88	53,18		56,22	0,55	0,85	0,50		0,63						
Média	55,88	59,26	62,51			0,46	0,58	0,73								
Controle [□]	58,15					0,67										
CV (%)	22,42					54,54										

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. [□] Valores que diferem do controle (testemunha) pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Tabela 9 - Número total de vagens planta⁻¹ (NTV), número total grãos planta⁻¹ (NTG), peso de mil sementes (PMS) (g) e produtividade (kg ha⁻¹), de soja, cultivar PIONEER 90Y30, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.

Fonte	Dose (L ha ⁻¹) Média				Dose (L ha ⁻¹) Média			
	2	4	6		2	4	6	
	NTV (pl ⁻¹) ^{ns}				NTG (pl ⁻¹) ^{ns}			
Biof. 1	118,55	119,18	138,60	125,44	277,33	279,20	324,98	293,83
Biof. 2	120,15	116,18	133,50	123,28	281,85	267,43	317,83	289,03
Biof. 3	112,05	121,85	131,90	121,93	262,05	287,65	304,98	284,89
Biof. 4	105,13	125,00	108,15	112,76	248,70	297,88	253,98	266,85
Média	113,97	120,55	128,04		267,48	283,04	300,44	
Controle [□]	114,45				271,35			
CV (%)	18,43				19,16			
Fonte	Dose (L ha ⁻¹) Média				Dose (L ha ⁻¹) Média			
	2	4	6		2	4	6	
	PMS (g) ^{ns}				Produtividade (t ha ⁻¹) ^{ns}			
Biof. 1	134,88	143,66	139,87	139,47	3,84	4,62	4,60	4,34
Biof. 2	136,92	140,79	139,49	139,06	4,30	4,35	4,46	4,37
Biof. 3	137,19	142,77	138,86	139,61	4,10	4,12	3,64	3,95
Biof. 4	142,65	139,12	138,94	140,24	4,20	4,12	4,53	4,29
Média	137,91	141,58	139,29		4,11	4,30	4,30	
Controle [□]	138,13				4,24			
CV (%)	3,48				10,61			

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. [□] Valores que diferem do controle (testemunha) pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

De acordo com Chen e Aviad (1990), os efeitos da aplicação exógena das substâncias húmicas na produção vegetal e na absorção de nutrientes, dependem de modo geral da origem, tipo e concentração das SHs, assim como da espécie ou variedade de planta tratada.

Diferentemente dos resultados observados, Benites et al. (2006) constataram aumento médio de 17% na produtividade da soja, com a aplicação foliar de AH. Não sendo verificadas diferenças significativas quanto às épocas de aplicação avaliadas (V4, V7 e prefloração).

Catuchi et al. (2016) verificaram aumento no crescimento vegetativo das plantas, no número de vagens por planta e na produtividade da soja, com a utilização de 380 g ha⁻¹ de ácido húmico no estágio V4 e na aplicação de 200 g ha⁻¹ de ácido fúlvico, via sulco de semeadura e via foliar no estágio V4.

Rocha et al. (2013) observaram acréscimos lineares com a utilização das doses 0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 L ha⁻¹ de SHs (16% AH e 2,5% AF) via sulco de semeadura, no número de vagens por planta, peso de mil sementes e produtividade da cultura da soja.

Conforme com os resultados obtidos com a análise química do solo após colheita da soja verificou-se diferença nos teores de P (mg dm⁻³) no solo, decorrentes da aplicação dos biofertilizantes, nas doses 2 e 6 L ha⁻¹ (Tabela 10).

A aplicação da dose 6 L ha⁻¹ do biofertilizante Biof. 4 (5,5% AH, 4% N, 1% P e 3% K) resultou em maior teor de P no solo quando comparado ao controle, aumento este verificado pelo teste de Dunnet (Tabela 10). Analisando quantitativamente as doses do biofertilizante Biof. 4, ajustou-se um modelo linear, com R² de 90,91%, representando alta correlação com os dados (Figura 3).

Tabela 10 - Análise química do solo após a colheita da soja, cultivar PIONEER 90Y30, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.

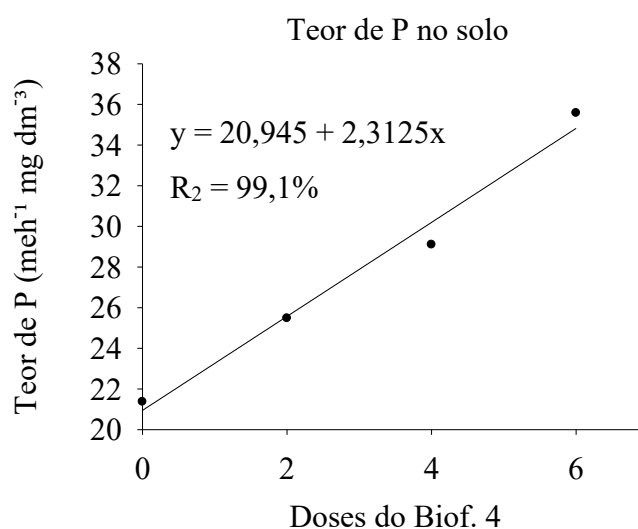
Fonte	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média
	2	4	6	2		4	6	2	4		6				
	MO (dag kg ⁻¹) ^{ns}				P (meh ⁻¹ mg dm ⁻³)*				K (cmolc dm ⁻³) ^{ns}						
Biof. 1	1,63	1,50	1,58	1,57	43,23 A	18,55	23,13 B	28,30	0,20	0,19	0,16	0,18			
Biof. 2	1,63	1,55	1,63	1,60	19,68 B	23,45	33,05 AB	25,39	0,20	0,19	0,17	0,19			
Biof. 3	1,50	1,55	1,78	1,61	28,35 AB	20,63	36,46 AB	28,48	0,18	0,19	0,25	0,20			
Biof. 4	1,63	1,58	1,58	1,59	25,48 AB	29,10	52,15 [□] A	35,58	0,21	0,20	0,18	0,20			
Média	1,59	1,54	1,64		29,19	22,93	36,20		0,20	0,19	0,19				
Controle [□]	1,65				21,37				0,18						
CV (%)	11,12				36,78				21,4						
Fonte	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média
	2	4	6	2		4	6	2	4		6				
	Al (cmolc dm ⁻³) ^{ns}				Ca (cmolc dm ⁻³) ^{ns}				Mg (cmolc dm ⁻³) ^{ns}						
Biof. 1	0,03	0,00	0,03	0,02	2,18	1,97	2,06	2,07	1,04	1,01	1,05	1,03			
Biof. 2	0,00	0,00	0,03	0,01	2,01	2,06	2,19	2,09	1,02	0,99	1,07	1,03			
Biof. 3	0,05	0,08	0,05	0,06	2,15	2,06	2,35	2,19	1,07	1,05	1,29	1,14			
Biof. 4	0,03	0,07	0,08	0,06	2,10	2,08	2,27	2,15	1,08	1,10	1,10	1,09			
Média	0,03	0,04	0,05		2,11	2,04	2,22		1,05	1,04	1,13				
Controle [□]	0,05				2,50				1,27						
CV (%)	177,76				18,00				20,32						

Fonte	Dose (L ha ⁻¹) Média				Dose (L ha ⁻¹) Média				Dose (L ha ⁻¹) Média			
	2	4	6		2	4	6		2	4	6	
	pH H ₂ O ^{ns}				pH CaCl ₂ ^{ns}				H + Al (cmolc dm ⁻³) ^{ns}			
Biof. 1	5,50	5,50	5,48	5,49	5,05	5,10	5,10	5,08	2,05	2,01	1,96	2,01
Biof. 2	5,78	5,68	5,50	5,65	5,23	5,23	5,08	5,18	2,15	2,02	1,91	2,03
Biof. 3	5,63	5,43	5,73	5,59	5,15	5,03	5,25	5,14	1,88	2,01	2,08	1,99
Biof. 4	5,45	5,58	5,40	5,48	5,03	5,08	5,03	5,04	1,94	1,98	1,81	1,91
Média	5,59	5,54	5,53		5,11	5,11	5,11		2,00	2,01	1,94	
Controle □	5,55				5,08				2,15			
CV (%)	5,15				4,67				14,3			
Fonte	Dose (L ha ⁻¹) Média				Dose (L ha ⁻¹) Média				Dose (L ha ⁻¹) Média			
	2	4	6		2	4	6		2	4	6	
	SB (cmolc dm ⁻³) ^{ns}				T (cmolc dm ⁻³) ^{ns}				V (%) ^{ns}			
Biof. 1	3,41	3,17	3,27	3,28	5,46	5,18	5,23	5,29	62,25	60,75	62,50	61,83
Biof. 2	3,23	3,23	3,44	3,30	5,38	5,25	5,35	5,33	59,75	61,50	64,00	61,75
Biof. 3	3,40	3,35	3,70	3,48	5,28	5,37	5,78	5,47	64,00	62,25	63,75	63,33
Biof. 4	3,38	3,33	3,74	3,48	5,32	5,31	5,55	5,39	63,00	61,25	67,25	63,83
Média	3,35	3,27	3,54		5,36	5,27	5,48		62,25	61,44	64,38	
Controle □	3,94				6,09				64,5			
CV (%)	17,8				9,46				10,18			

Fonte	Dose (L ha ⁻¹)			Média
	2	4	6	
	m (%) ^{ns}			
Biof. 1	5,25	4,75	0,75	3,58
Biof. 2	2,25	0,00	4,75	2,33
Biof. 3	1,00	2,25	1,00	1,42
Biof. 4	3,00	3,00	2,00	2,67
Média	2,88	2,50	2,13	
Controle [□]	1			
CV (%)	151,25			

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. [□] Valores que diferem do controle (testemunha) pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Figura 3 - Teor de fósforo (meh⁻¹ mg dm⁻³) no solo, pós-colheita da soja, em função das doses do produto Biof. 4 (L ha⁻¹).



Fonte: A autora.

O aumento constatado no teor de P disponível no solo pode ter ocorrido em decorrência da capacidade das SHs de atuarem como agentes complexantes. Segundo Caron et al. (2015), as SHs podem promover incremento no teor de fósforo solúvel através da complexação de Fe⁺² e Al⁺³ (solos ácidos) e do Ca⁺² (solos alcalinos).

Com a possível utilização de tais biofertilizantes em longo prazo esperasse que sejam observados aumentos nos teores de diversos elementos no solo. Li et al., (2019) avaliando os efeitos da aplicação de AH sob cultivo contínuo de amendoim em três anos consecutivos, constataram aumentos nos teores N, P e K totais e disponível e nos teores de matéria orgânica, sendo verificado o efeito máximo no terceiro ano de aplicação de AH.

4 CONCLUSÕES

Os biofertilizantes obtiveram resultados diferentes entre as fontes.

A dose adequada variou de acordo com o biofertilizante.

Os biofertilizantes aumentaram a absorção de nutrientes pelas plantas, e a disponibilidade de nutrientes no solo.

Os biofertilizantes não interferiram nas variáveis de crescimento e rendimento da cultura da soja.

REFERÊNCIAS

- IMBUFE, A. U.; PATTI, A. F.; BURROW, D.; SURAPANENI, A.; JACKSON, W. R.; MILNER, A. D. Effects of potassium humate on aggregate stability of two soils from Victoria, Australia. **Geoderma**, [s. l.], v. 125, p. 321–330, 2005. DOI: 10.1016/j.geoderma.2004.09.006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706104002228>. Acesso em: 14 jan. 2022.
- BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A.; GIRO, V. B.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; BRESSAN-SMITH, R. Desempenho do abacaxizeiro 'Vitória' em resposta à aplicação de ácidos húmicos durante a aclimação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v. 33, p. 979-990, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000400022>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/wpBBC74YxNvRvv6pr7Mrdsw/?lang=pt>. Acesso em: 20 jan. 22.
- BENITES, V. de M.; POLIDORO, J. C.; MENEZES, C. C.; BETTA, M. Aplicação foliar de fertilizante organomineral e solução de ácido húmico em soja sob plantio direto. **Circular Técnica**, nº 35, Rio de Janeiro, RJ, 2006. ISSN 1517-5146. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/856031/aplicacao-foliar-de-fertilizante-organo-mineral-e-solucoes-de-acido-humico-em-soja-sob-plantio-direto>. Acesso em: 12 jan. 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SMDA/DNDV/CLAV, ed. 1, p. 395, 2009. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf. Acesso em: 5 jan. 2022.
- CANELLAS, L. C.; SANTOS, G. A. **Humosfera: Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. Campos dos Goytacazes, 309 p, 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/publicacoes-fertilizantes/humosfera.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTROM, P. R. C. **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, [s. n.]2015. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/biblioteca/sites/default/files/publicacoes-a-venda/pdf/SPR58.pdf>. Acesso em: 10 set. 2021.
- CATUCHI, T. A.; PERES, V. J. S. P.; ARANDA, E. A.; SILVA, A. P. L. Desempenho produtivo da cultura da soja em razão da aplicação ácido húmico e fúlvico na semeadura e foliar. **Revista Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 12, p. 36-42, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5747/ca.2016.v12.nesp.000168>. Disponível em: <http://www.unoeste.br/site/enepe/2016/suplementos/area/Agrariae/Agronomia/DESEMPENHO%20PRODUTIVO%20DA%20CULTURA%20DA%20SOJA%20EM%20RAZ%3%83O%20DA%20APLICA%3%87%3%83O%20%3%81CIDO%20H%3%9AMICO%20E%20F%3%9ALVICO%20NA%20SEMEADURA%20E%20VIA%20FOLIAR.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2020.

CFSEMG – COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª**, SBSCS, Viçosa – MG, 1 ed., p. 359, 1999.

CHEN, Y.; AVIAD, T. Effects of humic substances on plant growth. In: **HUMIC SUBSTANCES IN SOIL AND CROP SCIENCE: SELECTED READINGS**, eds. MACCARTHY, P.; CLAPP, C. E.; MALCOLM, R. L.; BLOOM, P. R. Madison, WI: American Society of Agronomy and Soil Society of America, [s. l.], p. 161– 186, 1990. DOI: <https://doi.org/10.2136/1990.humicsubstances.c7>. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2136/1990.humicsubstances.c7> . Acesso: 20 jan. 2022.

CHEN, Y.; CLAPP, C. E.; MAGEN, H. Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo-iron complexes: **Soil Science and Plant Nutrition**, [s. l.], v. 50, n. 7, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1080/00380768.2004.10408579>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00380768.2004.10408579>. Acesso em: 14 jan. 2022.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. **Química Nova**, [s. l.], v. 23, p. 4, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000400017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/ft8DCzYHxMPYK9yv7RCJzgr/?lang=pt>. Acesso em: 20 jan. 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, [s. l.], v. 8, Safra 2021/2022, n. 4, p. 70-81, jan. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 20 jan. 2022.

CUNHA, T. J. F.; BASSOI, L. H.; SIMÕES, M. L.; MARTIN-NETO, L.; PETRERE, V. G.; RIBEIRO, P. R. A. Ácidos húmicos em solo fertirrigado no Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v. 33, p. 1583-1592, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000600007>. Disponível em: [https://www.scielo.br/j/rbcs/a/FVMvbk8c9PMCn3g6nrzrCS/?lang=pt#:~:text=%C3%81cido s%20H%C3%BAmicos%20em%20solo%20fertirrigado%20no%20Vale%20do%20S%C3%A3o%20Francisco\(%201&text=RESUMO-,A%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1cidos%20org%C3%A2nicos%2C%20principalmente%20h%C3%BAmicos%20\(AH\)%2C,propriedades%20dos%20AH%20do%20solo](https://www.scielo.br/j/rbcs/a/FVMvbk8c9PMCn3g6nrzrCS/?lang=pt#:~:text=%C3%81cido s%20H%C3%BAmicos%20em%20solo%20fertirrigado%20no%20Vale%20do%20S%C3%A3o%20Francisco(%201&text=RESUMO-,A%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%A1cidos%20org%C3%A2nicos%2C%20principalmente%20h%C3%BAmicos%20(AH)%2C,propriedades%20dos%20AH%20do%20solo). Acesso em: 20 jan. 22.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (org.). Manual de métodos de análise de solo. **Embrapa Solos**, Rio de Janeiro, ed. 2, doc. 132, p. 230, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990374/1/ManualdeMtdosdeAnilisedeSolo.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Informação Tecnológica, 2 ed., Brasília, p. 628, 2009. Disponível em: <https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00083136.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Embrapa Solos, 3 ed., [s. n.], p. 353, 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Dados meteorológicos**. 2021. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em 01 março. 2022.

LI, Y.; FANG, F.; WEI, J.; WU, X.; CUI, R.; LI, G.; ZHENG, F.; TAN, D. Humic acid fertilizer improved soil properties and soil microbial diversity of continuous cropping peanut: a three-year experiment. **Scientific reports**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 1-9, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48620-4>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-48620-4>. Acesso: 18 dez. 2021.

MARTINAZZO, R.; SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto afetado pela adição de fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 563- 568, 2007. Disponível em: https://www.rbcjournal.org/wp-content/uploads/articles_xml/0100-0683-rbcs-S0100-06832007000300016/0100-0683-rbcs-S0100-06832007000300016.x22228.pdf. Acesso em: 17 jan. 2022.

MENDES, A. M. S.; FARIA, C. M. B.; SILVA, D. J. **Embrapa: Sistema de Produção de Melancia: Adubação**, [s. l.], 2010. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/adubacao.htm#:~:text=Quanto%20%C3%A0%20textura%2C%20recomenda%2Dse,defici%C3%A2ncias%20h%C3%ADdricas%20que%20possam%20ocorrer>. Acesso em: 20 jan. 2022.

MINOLTA CAMERA. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Osaka: Minolta Radiometric Instruments Division, [s. l.], p. 22, 1989. Disponível em: https://www.konicaminolta.com.cn/instruments/download/manual/pdf/SPAD-502_Manual.pdf. Acesso em: 5 jan. 2022.

OLAETXEA, M.; MORA, V.; BACAICOA, E.; BAIGORRI, R.; GARNICA, M.; FUENTES, M. Root ABA and H⁺-ATPase are key players in the root and shoot growth-promoting action of humic acids. **Plant Direct.**, [s. l.], v. 3, p. 1–12, 2019. DOI: 10.1002/pld3.175. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/336377516_Root_ABA_and_H_ATPase_are_key_players_in_the_root_and_shoot_growth-promoting_action_of_humic_acids. Acesso em: 18 dez. 2021.

PEIRIS, D.; PATTI, A. F.; JACKSON, W. R.; MARSHALL, M.; SMITH, C. J. The use of Ca-modified, brown-coal-derived humates and fulvates for treatment of soil acidity. **Australian Journal of Soil Research** [s. l.], v. 40, p. 1171-1186, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1071/SR01032>. Disponível em: <https://research.monash.edu/en/publications/the-use-of-ca-modified-brown-coal-derived-humates-and-fulvates-fo>. Acesso em: 14 jan. 2022.

PICCOLO, A.; MBAGWU, J. S. C. Effects of humic substances and surfactants on the stability of soil aggregates. **Soil Science**, [s. l.], v. 147, p. 47-54, 1989. Disponível em:

https://journals.lww.com/soilsci/Abstract/1989/01000/Effects_of_Humic_Substances_and_Surfactants_on_the.8.aspx. Acesso em: 14 jan. 2022.

PICCOLO, A.; MBAGWU, J. S. C. Exogenous humic substances as conditioners for the rehabilitation of degraded soils. **Journal AGRO FOOD INDUSTRY HI-TECH**, [s. l.], v. 8, p. 2-4, 1997. DOI: <http://119.78.100.177/qdio/handle/2XILL650/133714>. Disponível em: <http://arid.illas.ac.cn/handle/2XILL650/133714>. Acesso: 14 jan. 2022.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 10 mar. 2021.

ROCHA, B. M. M.; LIMA, C. P.; CHRIST, E. A.; SANTOS, I. B.; OLIVEIRA, R.; SILVEIRA, L. M.; ALMEIDA, R. Substâncias húmicas aplicadas no sulco de plantio da cultura da soja. **Anais CIC**, [s. l.], 2013. Disponível em: <https://cic.unifio.edu.br/anaisCIC/anais2013/PDF/AGRONOMIA/agro010.pdf>. Acesso: 7 dez. 2021.

ROSE, M. T.; PATTI, A. F.; LITTLE, K. R.; BROWN, A. L.; JACKSON, W. R.; CAVAGNARO, T. R. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agriculture. In: Sparks, D.S. (Ed.), **Advances in Agronomy**, [s. l.], v. 124, p. 37–89, 2014. DOI: 10.1016/B978-0-12-800138-7.00002-4. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128001387000024?via%3Dihub>. Acesso em: 14 jan. 2022.

SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M.; LANTMANN, A. F. Efeito das relações entre Ca, Mg e K em latossolo roxo distrófico sobre a produtividade da soja. In: **Reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil**, n. 23, Londrina: Embrapa Soja, p. 96, 2001. (Embrapa Soja. Documentos, 157). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/456900/1/doc157.pdf>. Acesso: 14 jan. 2022.

SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M.; LANTMANN, A. F.; KLEPKER, D. Estudo da disponibilidade de cobre para a cultura da soja em solos do sul do Maranhão. In: **Reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil**, Dourados, n. 21, 1999. Resumos... Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste / Londrina: Embrapa Soja, 1999. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/457264>. Acesso em: 14 jan. 2021.

STEVENSON, F. J. Humus chemistry: Genesis, composition and reactions. **John Wiley & Sons**, New York, ed. 2, p. 443, 1994. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=7kCQch_YKoMC&printsec=copyright&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 10 nov. 2021.

TAN, K. H.; BINGER, A. Effect of humic-acid on aluminum toxicity in corn plants. **Soil Science**, [s. l.], v. 141, p. 20-25, 1986. Disponível em: https://journals.lww.com/soilsci/Abstract/1986/01000/Effect_of_Humic_Acid_on_Aluminum_Toxicity_in_Corn.4.aspx. Acesso em: 14 jan. 2022.

VAN OOSTEN, M. J.; PEPE, O.; DE PASCALE, S.; SILLETTI, S.; MAGGIO, A. 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. 5, p. 1-12, 2017. DOI : <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>. Disponível em: <https://chembioagro.springeropen.com/articles/10.1186/s40538-017-0089-5#citeas>. Acesso em: 18 dez. 2021.

VARANINI, Z.; PINTON, R.; DE BIASE, M. G.; ASTOLFI, S.; MAGGIONI, A. Low molecular weight humic substances stimulate H⁺ -ATPase activity of plasma membrane vesicles isolated from oat (*Avena sativa* L.) roots. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 153, p. 61-69, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00010544>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00010544>. Acesso em: 18 dez. 2021.

YOKOYAMA, A. H.; ZUCARELI, C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; RIBEIRO, R. H.; RIZATTO, L. ; TONON, C. Evolução do índice de área foliar e índice SPAD na soja influenciada por formas de uso do solo na entressafra e adubação nitrogenada na cultura. In: XXXVI Reunião de Pesquisa de Soja. **Resumos [...]**. Londrina/PR, Comissão de Ecologia, Fisiologia e Práticas Culturais, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161642/1/p-15.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2022.

CAPÍTULO 3

FONTES E DOSES DE BIOFERTILIZANTES NA CULTURO DO MILHO

RESUMO

A utilização de novas tecnologias que visam proporcionar maior eficiência e sustentabilidade dos sistemas de produção tem sido observada no campo, cabendo destacar o crescimento do uso de biofertilizantes contendo substâncias húmicas. Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar atributos de crescimento, aspectos nutricionais e de rendimento, bem como os atributos químicos do solo após a colheita em função da aplicação de biofertilizantes contendo ácido fúlvico e húmico no sulco de semeadura, na cultura do milho. O experimento foi realizado no município de Paracatu, Minas Gerais, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições em uma estrutura fatorial $4 \times 3 + 1$. O primeiro fator formado por quatro diferentes fontes de biofertilizantes (identificados como Biof. 1, Biof. 2, Biof. 3 e Biof. 4), o segundo fator atendido pelo uso de três doses (2, 4 e 6 L ha⁻¹), e o tratamento adicional como a ausência de aplicação de substâncias húmicas (controle), totalizando 13 tratamentos. Os biofertilizantes proporcionaram resultados diferentes entre as fontes e doses avaliadas. Promoveram aumento no crescimento das plantas, e afetaram a absorção de nutrientes. Não interferindo no rendimento da cultura do milho e nas características químicas do solo.

Palavras-chaves: substâncias húmicas; biofertilizantes.

ABSTRACT

The use of new technologies that aim to provide greater efficiency and sustainability of production systems has been observed in the field, highlighting the growth in the use of biofertilizers containing humic substances. In this context, the objective of this work was to evaluate growth attributes, nutritional aspects and yield, as well as the chemical attributes of the soil after harvesting according to the application of biofertilizers containing fulvic and humic acid in the sowing furrow, in the corn crop. The experiment was carried out in the municipality of Paracatu, Minas Gerais, in a randomized block design, with four replications, in a $4 \times 3 + 1$ factorial structure. The first factor formed by four different sources of biofertilizers (identified as Biof. 1, Biof. 2, Biof. 3 and Biof. 4), the second factor attended by the use of three doses (2, 4 and 6 L ha^{-1}), and the additional treatment such as the absence of application of humic substances (control), totaling 13 treatments. The biofertilizers provided different results between the sources and doses evaluated. They promoted an increase in plant growth, and affected the absorption of nutrients. Not interfering with corn crop yield and soil chemical characteristics.

Keywords: humic substances; biofertilizers.

1 INTRODUÇÃO

No cenário mundial de produção de milho (*Zea mays* L.), o Brasil ocupa o segundo lugar no ranking, atrás apenas dos Estados Unidos (CONAB, 2021). Segundo dados do quarto levantamento da safra brasileira de grãos, referentes à safra 2021/22, estima-se que a área plantada de milho no Brasil seja de 20,94 milhões de hectares, com uma produção total de aproximadamente 112,9 milhões de toneladas e produtividade média de 5.391 kg ha⁻¹, podendo representar um acréscimo de 29,7% na produção em relação à safra anterior (CONAB, 2022).

A produtividade alcançada com a cultura do milho foi viabilizada a partir da adoção de novas tecnologias e práticas agrícolas (MIRANDA et al., 2021). Assim como acontece para as demais culturas, a produtividade do milho depende da interação entre material genético, condições ambientais e de fatores de manejo da cultura (EMBRAPA, 2020).

Historicamente, o aumento da produção agrícola brasileira está ligado diretamente com o aumento da utilização de corretivos e fertilizantes (MIRANDA et al., 2021). Entre os anos de 2000 e 2015, foi constatado aumento de 87% no uso de fertilizantes, tendo a produção de grãos no mesmo período aumentado 150% (EMBRAPA, 2018).

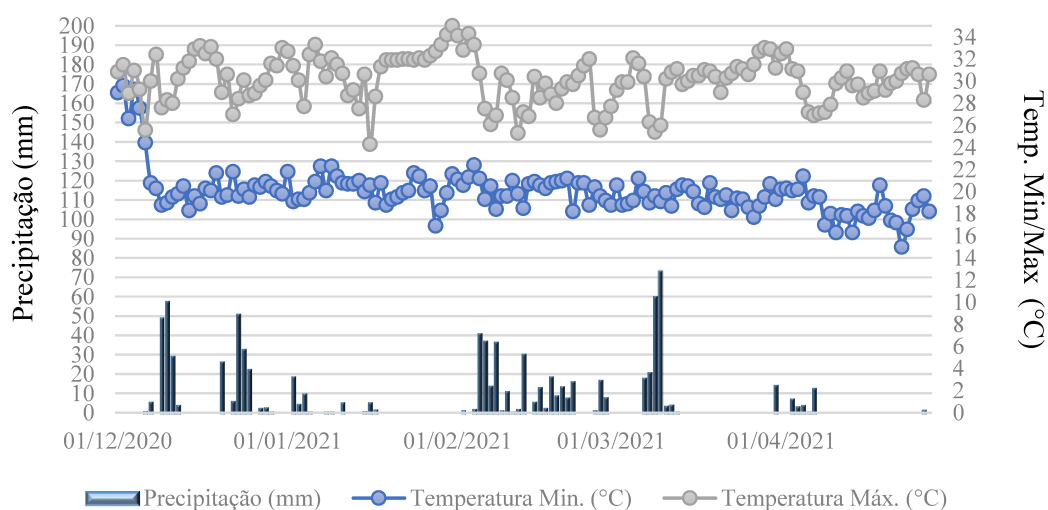
Neste cenário, o uso de biofertilizantes, como as substâncias húmicas (SHs), tem crescido em sistemas de produção agrícolas com excelentes resultados para inúmeras culturas. Segundo Baldotto et al., (2009) tais substâncias apresentam a capacidade de aumentar o crescimento do sistema radicular das plantas e proporcionar efeitos estimulantes na parte aérea, como incrementos do acúmulo foliar de nutrientes e síntese de clorofilas. Segundo Rose et al. (2014) a aplicação de SHs pode contribuir com o aumento da fertilidade do solo, que por sua vez pode proporcionar uma diminuição na quantidade de fertilizantes que deveram ser adicionados ao solo ao longo dos ciclos das culturas.

Especificamente para culturas de relevância para o território nacional, como o milho, pesquisas sobre a ação das substâncias húmicas vêm sendo desenvolvidas e demandam ainda mais investigações científicas. Dessa forma, objetivou-se neste trabalho avaliar atributos de crescimento, aspectos nutricionais e produtividade, bem como os atributos químicos do solo após a colheita em função da aplicação de ácidos húmicos e fúlvicos no sulco de semeadura para a cultura do milho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área comercial na fazenda Santa Julieta, localizada na cidade de Paracatu-MG, localizada a 17°13'21" latitude Sul e 46°52' 31" longitude Oeste de Greenwich, a uma altitude média de 696 m. No período entre 01/12/20 a 28/04/21.

Figura 1 - Pluviosidade e temperatura em Paracatu-MG no período de 01 de dezembro de 2020 a 28 de abril de 2021.



Fonte: Informações fornecidas pelo INMET (2021).

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições em uma estrutura fatorial $4 \times 3 + 1$. O primeiro fator formado por 4 diferentes fontes de biofertilizantes, e o segundo fator atendido pelo uso de 3 doses (2, 4 e 6 L ha^{-1}), e o tratamento adicional correspondente a ausência de aplicação de substâncias húmicas (controle), totalizando 13 tratamentos (Tabela 1).

Os biofertilizantes utilizados foram denominados como Biof. 1, Biof. 2, Biof. 3 e Biof. 4 (Tabela 1).

As doses dos biofertilizantes foram definidas com o objetivo de estabelecer uma curva de resposta para a cultura do milho.

Tabela 1 - Doses e fontes de biofertilizantes avaliados para a cultura do milho. Paracatu, 2021.

Tratamentos	Biofertilizantes	Dose (L ha ⁻¹)*
T1	Biof. 1	2
T2	Biof. 1	4
T3	Biof. 1	6
T4	Biof. 2	2
T5	Biof. 2	4
T6	Biof. 2	6
T7	Biof. 3	2
T8	Biof. 3	4
T9	Biof. 3	6
T10	Biof. 4	2
T11	Biof. 4	4
T12	Biof. 4	6
T13	Controle - Ausência de aplicação	-

*Volume de calda: 200 L ha⁻¹.

Tabela 2 - Composição química (%) dos biofertilizantes.

Biof. 1	Ácido Húmico	Ácido Fúlvico						
	1	9						
Biof. 2	Carbono Orgânico	Ácido Húmico	Ácido Fúlvico	K ₂ O				
	12	18	3	4,8				
Biof. 3	Ácido Húmico	N	Ácido Fosfórico	K	Mg	Ca	B	Fe
	5,5	0,1	0,03	1,5	0,02	0,17	0,01	0,02
Biof. 4	Ácido Húmico	N	P	K				
	5,5	4	1	3				

Fonte: Informações fornecidas pelas empresas produtoras.

2.1 Condução

Para caracterização química e física inicial do solo realizou-se coletas de amostras simples, de 0-20 cm de profundidade, para posterior formação de uma amostra composta, segundo recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999), e enviada para o laboratório da empresa Safrar em Uberlândia – MG (Tabela 3). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2013).

Tabela 3 - Caracterização química e física da amostra do Latossolo Vermelho Amarelo. Paracatu, 2021. Tabela 3. Caracterização química da amostra do Latossolo Vermelho Amarelo. Paracatu, 2021.

Características químicas									
pH (H ₂ O)	pH (CaCl ₂)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Pres.	K ⁺	H=Al	CTC	SB
01:02,5		---- cmol _c dm ⁻³ ---		---	-- mg dm ⁻³ --			---- cmol _c dm ⁻³ ---	
5,7	5,3	3,6	1.18	0,0	6,3	90,25	2,22	7,23	5,01
t	M.O.	C.O.	B	Cu	Fe	Mn	Zn	V	m
cmol _c dm ⁻³	--- dag kg ⁻¹ ---								
						mg dm ⁻³		%	
5,01	2,2	1,3	0,27	0,67	20,0	9,6	1,12	69,0	0,0
Características físicas									
Solo	Areia total			Silte			Argila		
	g kg ⁻¹								
	400			180			420		

pH em H₂O; Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L⁻¹); P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich⁻¹); S em fosfato de cálcio 0,01 mol L⁻¹; H + Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); Cu, Fe, Mn, Zn = (DTPA 0,005 mol L⁻¹ + TEA 0,1 mol L⁻¹ + CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ a pH 7,3) cmol_c dm⁻³ x 10 = mmol_c dm⁻³ / mg dm⁻³ = ppm / dag kg⁻¹ = %; CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; M.O. = Método Colorimétrico; Metodologias baseadas em EMBRAPA (2009). Análise Textual pelo método da Pipeta (EMBRAPA, 2009).

A semeadura foi realizada no dia 01 de dezembro de 2020, em linhas espaçadas de 0,5 m e população ajustada para 70 mil plantas por hectares. A cultivar utilizada foi a Dall 30A37 PWU.

As unidades experimentais foram constituídas por 6 linhas de 8 metros de comprimento, totalizando 24 m² por parcela. O manejo da adubação, plantas daninhas, pragas e doenças foram feitos de forma igualitária para toda área experimental de acordo com o manejo ajustado pelo produtor rural.

Foram realizadas a aplicação de 600 kg ha⁻¹ de gesso agrícola, 200 kg ha⁻¹ de óxido de Ca e Mg, 0,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, 20 kg ha⁻¹ de óxido de cobre, 40 kg ha⁻¹ de óxido de zinco, 300 kg ha⁻¹ do fertilizante organomineral peletizado Vigor (06 - 24 - 08), 150 kg ha⁻¹ de ureia no estádio V2, 150 kg ha⁻¹ de ureia no estádio V6 e 3 kg ha⁻¹ de octaborato de sódio na dessecação.

Os tratamentos foram aplicados logo após a semeadura com auxílio de um pulverizador de CO₂, equipamento de pressão constante, com a pressão de trabalho de 30 psi, sendo utilizado volume de calda de 200 L ha⁻¹. O tratamento controle consistiu na ausência de aplicação de biofertilizante.

2.2 Avaliações

Aos 74 dias após semeadura (DAS) foram coletadas 10 plantas de cada parcela experimental, fora da área destinada para a colheita, sendo avaliadas a altura de planta (cm), diâmetro de colmo (mm), massa verde (g) e seca (g) da aérea foliar e do colmo.

A medição para a altura das plantas foi realizada com uma trena graduada em cm, e compreendeu a distância, na haste principal entre o colo e a extremidade da planta. O diâmetro do caule foi determinado 2 cm a partir do nível do solo, com auxílio de um paquímetro digital graduado em milímetros. A massa fresca da aérea foliar e do colmo foi quantificada a partir de pesagem imediatamente após a coleta no campo. A massa seca da aérea foliar e do colmo foi quantificada após secagem do material em estufa, em temperatura constante a 60°C, quando as amostras atingiram peso constante.

Determinou-se o nível crítico do índice SPAD (Soil Plant Analysis Development) por meio do medidor portátil SPAD-502 Plus (Soil-Plant Analysis Development-502 da Minolta Co., Osaka, Japão, 1989). As avaliações foram realizadas na terceira folha totalmente desenvolvida do ápice a base de 5 plantas escolhidas ao acaso, no período da manhã (08h00min 9h00min) aos 74 DAS. Os índices foram determinados na região central das folhas, sendo coletados na parte adaxial e abaxial das folhas, evitando-se a nervura central, posteriormente foi calculada a média dos índices obtidos.

Para análise química foliar de macro e micronutrientes foram coletadas amostras referentes à terceira folha totalmente desenvolvida do ápice à base de 12 plantas, fora da área destinada a colheita, de cada parcela experimental, aos 74 DAS. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas ao laboratório Safrar, seguindo metodologia proposta por EMBRAPA (2009).

O conteúdo foliar de nutrientes foi determinado com base no resultado da análise química foliar de macro e micronutrientes, e na massa seca da aérea foliar convertida em kg ha⁻¹.

A colheita do milho foi realizada no dia 28 de abril de 2021, ao final do ciclo da cultura, dentro dos 4 metros de centrais de 3 linhas internas da parcela, sendo coletadas as espigas de 45 plantas por unidade experimental.

Após a colheita foram coletadas ao acaso 10 espigas por parcela, para quantificação do número de fileiras de grãos, número de grãos por fileira e diâmetro da espiga; mensurados na região central da espiga (7 cm a partir da base).

A massa de grãos foi mensurada a partir de trilha mecânica das espigas referentes a cada parcela. Os dados obtidos foram convertidos para kg ha⁻¹ após a correção da umidade para 13%, conforme demonstrado abaixo:

$$PF = PI \times (100 - UI) / (100 - UF)$$

Sendo:

PF: peso final da amostra;

PI: peso inicial da amostra;

UI: umidade inicial da amostra;

UF: umidade final da amostra (13%)

Para determinação do peso de mil sementes (PMS), utilizou-se 8 repetições de 100 sementes, as quais foram pesadas em balança de precisão (0,001g), seguindo os critérios estabelecidos pela RAS (BRASIL, 2009). Posteriormente, também realizou a correção da umidade para 13%.

Após a colheita a fim de se verificar a influência da aplicação dos biofertilizantes sobre as características químicas do solo cultivado, foram coletadas amostras de solo referentes a cada parcela, sendo encaminhadas ao laboratório Safrar para determinação das análises químicas do solo segundo metodologia descrita pela Embrapa (DOMAGEMMA et al., 2011).

2.3 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram inicialmente testados quanto às pressuposições de normalidade de resíduos (KS - corrigido por Lilliefors), homogeneidade das variâncias (Levene) e aditividade de bloco (Tukey) utilizando o programa R Core Team (2020), versão 4.0.2.

Posteriormente foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa R Core Team (2020). Sendo realizado o teste de Tukey (0,05 de significância) para comparação entre as médias e o teste de Dunnett (0,05 de significância) para comparação entre as médias do fatorial e as médias do adicional.

Para a busca de modelos de regressões dos dados quantitativos foi utilizado o software Sigma Plot for Windows Version 11.0 Build 11.0.0.77, e o programa R Core Team (2020) - versão 4.0.2, admitindo modelos que foram significativos e apresentaram coeficiente de determinação (R²) acima de 70%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração de nitrogênio, clorofila e as leituras realizadas pelo aparelho SPAD-502 apresentam forte correlação na cultura do milho (SCHÖDER et al., 2000; WASKON et al., 1996; WOOD et al., 1992).

O índice SPAD nas plantas de milho apresentou comportamento semelhante na presença ou ausência da aplicação dos biofertilizantes (Tabela 4). No entanto, a partir da análise dos resultados obtidos com a análise foliar de nitrogênio pode-se verificar diferença significativa entre os teores obtidos com a aplicação dos biofertilizantes avaliados e o controle, a partir do teste F e do teste de Dunnet (Tabela 6).

O que pode ser explicado pelo provável efeito de diluição do N foliar. Este efeito ocorre quando a taxa de crescimento relativo de matéria seca é superior à taxa de absorção relativa do nutriente em questão (MAIA et al., 2005).

Segundo estudo realizado por Hurtado et al. (2008), as leituras de índice SPAD referentes a máxima resposta econômica da variável massa seca da parte aérea do milho, em resposta a adubação nitrogenada, são de 53,1; 49,3 e 50,7 unidades SPAD para os solos arenoso, de textura média e argiloso, respectivamente. Tendo os valores obtidos no experimento, resultados próximos ou acima dos índices considerados adequados para a cultura (Tabela 4).

Para as variáveis diâmetro de colmo e altura de plantas não foram detectadas diferenças entre os tratamentos pela análise de variância.

Contudo, de acordo com o teste de Dunnet pode-se verificar diferença significativa entre a aplicação do Biof.4 (4 L ha⁻¹), contendo 5,5% AH, 4% N, 1% P e 3% K, e o controle, na variável altura das plantas. Podendo inferir que, nas condições do experimento, a aplicação do biofertilizante Biof.4 na dose de 4 L ha⁻¹, influenciou positivamente à altura de plantas milho aos 74 DAS (Tabela 4).

O aumento constatado pode ter ocorrido em decorrência dos benefícios da aplicação dos ácidos húmicos planta. Uma vez que os AHs agem em várias etapas envolvidas na fisiologia vegetal (BALDOTTO E BALDOTTO, 2014). Dentre essas etapas, o ácido húmico atua na atividade hormonal, tendo um comportamento semelhante às auxinas, o que resulta na expansão e alongação das células, promovendo o crescimento das raízes (FAÇANHA et al., 2002); nos processos de formação das proteínas, gerando aumento de síntese das enzimas invertase e peroxidase (VAUGHAN et al., 1985); incrementos do acúmulo foliar de nutrientes (BALDOTTO et al., 2009).

Da mesma forma, Azzem et al. (2021), avaliando doses de AH e doses de N na cultura do milho, constataram aumento na altura de plantas, proporcionado pela aplicação de AH, sob cultivo convencional em Peshawar, Paquistão. Tendo a aplicação de 4,5 kg ha⁻¹ de AH melhor se adequou, proporcionando também aumento da MOS e N total no solo, aumento no crescimento das plantas, na absorção de N e no rendimento de grãos; quando utilizadas isoladamente ou combinadas as doses de N avaliadas.

Tabela 4 - Estimativas do índice SPAD, diâmetro de colmo (mm) e altura de planta (m) em milho, cultivar Dall 30A37 PWU, aos 74 DAS, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.

Tratamentos	Dose (L ha ⁻¹) Média				Dose (L ha ⁻¹) Média				Dose (L ha ⁻¹) Média			
	2	4	6		2	4	6		2	4	6	
	Índice SPAD ^{ns}				Diâmetro de colmo (mm) ^{ns}				Altura de planta (m) ^{ns}			
Biof. 1	52,93	52,58	51,70	52,40	21,21	22,00	21,83	21,68	1,94	1,94	1,92	1,93
Biof. 2	51,10	52,04	52,43	51,85	20,94	21,96	22,08	21,66	1,94	1,90	1,96	1,93
Biof. 3	50,31	51,00	52,25	51,19	21,11	21,33	21,12	21,19	1,87	1,94	1,93	1,91
Biof. 4	56,21	52,21	52,51	53,64	21,86	22,04	21,66	21,85	1,89	2,01 [□]	1,93	1,94
Média	52,63	51,96	52,22		21,28	21,83	21,67		1,91	1,95	1,94	
Controle [□]	51,73				20,55				1,85			
CV (%)	5,25				4,85				3,68			

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. [□] Valores que diferem do controle (testemunha) pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

De acordo com os resultados obtidos não foram observadas diferenças entre a aplicação dos biofertilizantes para as doses avaliadas, para as variáveis massa fresca e seca da área foliar, e massa fresca e seca de colmo.

Resultados semelhantes aos encontrados por Batista et al. (2018) que ao avaliar os componentes morfológicos e a produtividade de grãos do milho com utilização isolada e/ou associada de nitrogênio e ácidos húmicos/fúlvicos, não observaram interferência da aplicação de ácidos húmicos/fúlvicos nas características avaliadas, quando aplicados isoladamente ou de forma associado ao N.

Entretanto, a partir dos resultados do teste de Dunnet, pode-se observar diferença significativa entre a aplicação de 4 L ha⁻¹ do Biof.4 (5,5% AH, 4% N, 1% P e 3% K) e o controle, para a variável massa seca de colmo. Desse modo a aplicação do Biof. 4,

influenciou positivamente o acúmulo de massa seca de colmo do milho aos 74 DAS (Tabela 5).

Tabela 5 - Massa fresca da área foliar (MFAF) (g), massa seca da área foliar (MSAF) (g), massa fresca de colmo (MFC) (g), massa seca de colmo (MSC) (g), em milho, cultivar Dall 30A37 PWU, aos 74 DAS, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.

Tratamentos	Dose (L ha ⁻¹)			Média	Dose (L ha ⁻¹)			Média
	2	4	6		2	4	6	
	MFAF (g) ^{ns}				MSAF (g) ^{ns}			
Biof. 1	151,00	161,17	157,71	156,63	34,77	36,14	36,21	35,70
Biof. 2	156,83	154,50	156,96	156,10	35,59	35,08	36,95	35,87
Biof. 3	159,50	145,21	157,50	154,07	35,90	33,81	35,91	35,21
Biof. 4	157,08	158,13	157,88	157,69	36,57	36,28	36,86	36,57
Média	156,10	154,75	157,51		35,71	35,33	36,48	
Controle [□]	143,08				32,50			
CV (%)	7,65				6,80			
Tratamentos	Dose (L ha ⁻¹)			Média	Dose (L ha ⁻¹)			Média
	2	4	6		2	4	6	
	MFC (g) ^{ns}				MSC (g) ^{ns}			
Biof. 1	405,21	439,33	430,29	424,94	62,32	66,77	63,10	64,06
Biof. 2	403,83	398,46	447,13	416,47	60,15	57,34	68,89	62,12
Biof. 3	418,88	382,67	432,21	411,25	62,42	63,44	65,44	63,76
Biof. 4	446,29	476,00	415,50	445,93	65,62	73,76 [□]	65,29	68,22
Média	418,55	424,11	431,28		62,63	65,33	65,68	
Controle [□]	366,00				54,77			
CV (%)	12,68				11,07			

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. [□] Valores que diferem do controle (testemunha) pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Ao longo de cultivos sucessivos a utilização de biofertilizantes pode contribuir para construção da fertilidade do solo, e proporcionar melhorias ao desenvolvimento e produtividade das plantas. Zhou et al. (2019) avaliando os efeitos da adição anual de bentonita-ácido húmico (B-AH) nas propriedades físicas do solo e na produtividade do milho ao decorrer de sete anos após a aplicação ao solo, verificaram aumento significativo na biomassa da parte aérea (área foliar e colmo) e do rendimento de grãos, de forma acentuada ao longo dos cinco primeiros anos.

Sharif et al., (2006) avaliando o efeito da pulverização de 50-300 mg kg⁻¹ de AHs no solo na cultura do milho, verificaram que a adição de 50 e 100 mg kg⁻¹ gerou aumento significativo de 20 e 23% na parte aérea e 39 e 32% na massa seca da raiz.

A partir dos resultados obtidos com a análise foliar, pode-se verificar diferenças nos teores de N, K, S e B, decorrentes da aplicação dos biofertilizantes avaliados (Tabelas 6 e 7).

De acordo com a faixa recomendada para a cultura, o teor de foliar de Mg esteve abaixo da faixa recomendada, enquanto N, P, K, S, Ca, Cu, Fe, Mn, Zn e B estiveram dentro ou acima da faixa recomendada (MALAVOLTA et al., 1997).

De acordo como Maia et al. (2005), a concentração dos nutrientes no tecido vegetal é afetado por diversos fatores, que por sua vez sejam capazes de proporcionar mudanças nas taxas de crescimento e absorção dos nutrientes. A análise foliar é uma interessante ferramenta de diagnóstico do estado nutricional da planta na fase em que as amostras foram coletadas, porém não reflete o real conteúdo de nutrientes no corpo da planta, uma vez podem estar ocorrendo efeitos de diluição ou concentração. Sendo importante avaliar o conteúdo de nutrientes na biomassa vegetal.

Tabela 6 - Teores foliares de macronutrientes aos 74 DAS, de milho, cultivar Dall 30A37 PWU, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.

Tratamentos	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média
	2	4	6			2	4	6			2	4	6		
	N (g kg ⁻¹)*					P (g kg ⁻¹) ^{ns}					K (g kg ⁻¹)*				
Biof. 1	27,65 [□]	30,00 B [□]	29,33 B [□]	28,99	2,55	2,70	2,83	2,69	21,25	23,00	22,50	22,25 A			
Biof. 2	32,43 [□]	31,13 B [□]	30,63 B [□]	31,39	2,48	2,55	2,45	2,49	21,50	22,25	22,00	21,92 AB			
Biof. 3	30,25 [□]	30,55 B [□]	33,10 B [□]	31,30	2,65	2,25	2,48	2,46	22,50	20,25	21,75	21,50 AB			
Biof. 4	30,63 [□]	40,73 A [□]	46,93 A	39,43	2,43	2,48	2,43	2,44	20,50	19,25	19,25	19,67 B			
Média	30,24	33,10	34,99		2,53	2,49	2,54		21,44	21,19	21,38				
Controle [□]	49,33				2,50				22						
Malavolta <i>et al.</i> (1997)	27,5 – 32,5				2,5 – 3,5				17,5 – 22,5						
CV (%)	8,69				9,28				10,87						
Tratamentos	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média
	2	4	6			2	4	6			2	4	6		
	S (g kg ⁻¹)*					Ca (g kg ⁻¹) ^{ns}					Mg (g kg ⁻¹) ^{ns}				
Biof. 1	3,50	3,83	3,93	3,75 C	3,54	3,63	3,58	3,58	1,62	1,46	1,67	1,58			
Biof. 2	4,10	4,43 [□]	4,38 [□]	4,30 B	3,37	3,43	3,54	3,45	1,41	1,48	1,56	1,49			
Biof. 3	5,00 [□]	4,85 [□]	5,38 [□]	5,08 A	3,24	3,48	3,62	3,44	1,60	1,50	1,49	1,53			
Biof. 4	5,13 [□]	5,08 [□]	5,53 [□]	5,24 A	3,36	3,36	3,64	3,45	1,42	1,47	1,48	1,46			
Média	4,43	4,54	4,80		3,37	3,48	3,60		1,51	1,48	1,55				
Controle [□]	3,45				3,95				1,57						
Malavolta <i>et al.</i> (1997)	1,5 – 2,0				2,5 – 4,0				2,5 – 4,0						
CV (%)	9,07				8,36				15,15						

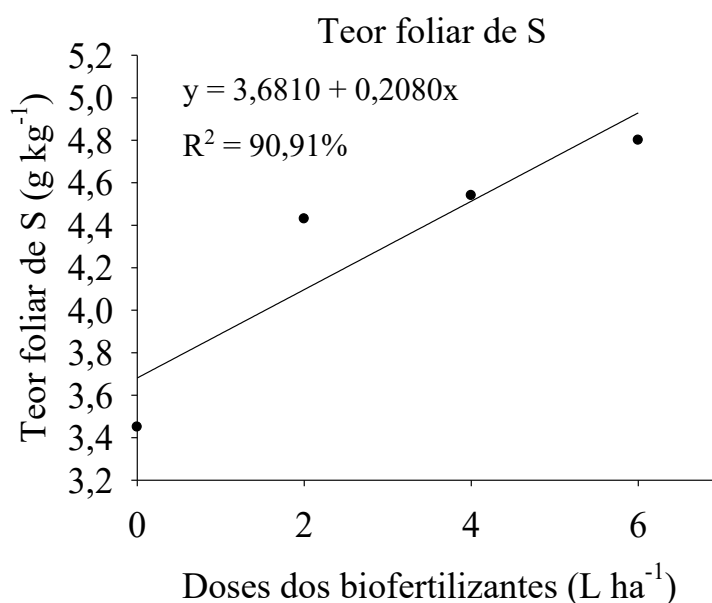
Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. [□] Valores que diferem do controle (testemunha) pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Para o teor foliar de N, com adição dos biofertilizantes contendo SHs, foi constatada diminuição na quantidade desse nutriente, com exceção do Biof. 4 (5,5% AH, 4% N, 1% P e 3% K) para a dose 6 L ha⁻¹, que se assemelhou estatisticamente ao controle (Tabela 6). Contudo, todos os teores de N obtidos com a aplicação dos biofertilizantes ainda se mantiveram dentro da faixa recomendada pela cultura (MALAVOLTA et al., 1997).

Quanto ao teor foliar de K foram detectadas diferenças significativas entre as fontes avaliadas. O biofertilizante Biof. 4 (5,5% AH, 4% N, 1% P e 3% K), reduziu o teor foliar de potássio, em comparação ao Biof. 1 (1% AH e 9% AF). Além disso, não foram detectadas diferenças mínimas significativas entre os tratamentos com SHs e o controle (Tabela 6).

Para o teor foliar de enxofre, os biofertilizantes Biof. 2 (12% CO, 18% AH, 3% AF e 4,8% de K₂O), Biof. 3 (5,5% AH, 0,1% N, 0,03% H₃PO₄, 1,5 K, 0,02% Mg, 0,17% Ca, 0,01% B e 0,02% Fe) e Biof. 4 (5,5% AH, 4% N, 1% P e 3% K), em quase todas as doses testadas, apresentaram resultados superiores ao obtido pela testemunha. Sendo constatados os maiores teores com a aplicação dos biofertilizantes Biof. 3 e Biof.4, contendo AH (Tabela 6). Analisando quantitativamente as doses, ajustou-se um modelo linear, com R² de 90,91%, representando alta correlação com os dados (Figura 2).

Figura 2 - Teor foliar de enxofre (g kg⁻¹), no milho, em função das doses dos biofertilizantes avaliados (L ha⁻¹).



Fonte: A autora.

De acordo com os resultados obtidos pelo teste de Dunnet, a aplicação de SHs obtiveram resultados similares ao controle, para o teor foliar de B. Além disso, observou-se que os Biof. 1 e 4, na dose de 2 L ha⁻¹, apresentaram melhores desempenhos em relação ao Biof. 2 para o teor B nas folhas. O mesmo padrão foi observado para o Biof. 3, na dose de 6 L ha⁻¹ em comparação com os biofertilizantes Biof. 1 e Biof. 2 (Tabela 7).

Os efeitos da aplicação exógena das substâncias húmicas na produção vegetal e na absorção de nutrientes dependem, de modo geral, tanto da origem, do tipo e da concentração das SHs, quanto da espécie ou variedade de planta tratada (CHEN e AVIAD, 1990).

Em um estudo avaliando o efeito de diferentes níveis de ácido húmico (AH) derivado de carvão lignítico no crescimento das plantas de milho, via solo, Sharif et al. (2006) constataram aumento significativo em relação ao controle, no acúmulo de N nas plantas, enquanto o acúmulo de P não foi afetado.

Quaggiotti et al. (2004), estudando o efeito de SHs de baixo peso molecular sobre o fluxo de nitrato nas raízes, no teor de nitrato nos tecidos e na expressão de genes de milho supostamente envolvidos na absorção de nitrato, verificaram que as substâncias húmicas foram capazes de induzir maior acúmulo de nitrato nas folhas, em função do aumento de sua absorção pelas raízes e transporte para as folhas.

Verlinden et al. (2009), avaliando o efeito da aplicação das substâncias húmicas em quatro culturas, via pulverização ou incorporadas em fertilizantes minerais, na produção e absorção de nutrientes, verificaram que a partir de meta-análises dos dados houve consequente aumento na absorção de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio no milho, na batata, no espinafre e no capim.

Tabela 7 - Teores foliares de micronutrientes aos 74 DAS, de milho, cultivar Dall 30A37 PWU, em função da aplicação de biofertilizantes.

Tratamentos	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média
	2	4	6			2	4	6			2	4	6		
	Cu (mg kg ⁻¹) ^{ns}					Fe (mg kg ⁻¹) ^{ns}					Mn (mg kg ⁻¹) ^{ns}				
Biof. 1	9,48	10,43	8,10	9,33	249,50	252,00	272,75	258,08	98,00	105,75	114,25	106,00			
Biof. 2	8,55	9,55	9,25	9,12	324,25	283,25	316,50	308,00	101,50	122,00	107,25	110,25			
Biof. 3	10,38	9,03	9,50	9,63	261,50	252,00	243,50	252,33	104,25	104,25	115,50	108,00			
Biof. 4	9,08	9,15	10,05	9,43	275,00	246,50	258,25	259,92	111,00	102,00	109,50	107,50			
Média	9,37	9,54	9,23		277,56	258,44	272,75		103,69	108,50	111,63				
Controle [□]	8,73				259,00				108						
Malavolta <i>et al.</i> (1997)	6 - 20				50 - 250				50 - 150						
CV (%)	13,61				20,82				13,46						

Tratamentos	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média
	2	4	6			2	4	6		
	Zn (mg kg ⁻¹) ^{ns}					B (mg kg ⁻¹)*				
Biof. 1	26,75	30,25	31,00	29,33	38,98 A	30,10	25,65 B	31,58		
Biof. 2	26,50	29,25	27,25	27,67	23,08 B	32,53	25,08 B	26,89		
Biof. 3	29,00	25,50	28,25	27,58	33,33 AB	38,38	42,73 A	38,14		
Biof. 4	29,00	30,00	27,50	28,83	43,60 A	27,70	32,25 AB	34,52		
Média	27,81	28,75	28,50		34,74	32,18	31,43			
Controle [□]	28,50				34,86					
Malavolta <i>et al.</i> (1997)	15 - 50				15 - 20					
CV (%)	3,58				6,19					

Paracatu-MG, 2021.

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. [□] Valores que diferem do controle (testemunha) pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Com base nos resultados obtidos com a análise do conteúdo foliar de nutrientes, pode-se verificar diferenças nos teores de N, S e B, resultantes da aplicação dos biofertilizantes avaliados (Tabela 8).

A partir dos resultados referentes ao conteúdo foliar de nutrientes, pode-se constatar diminuição na proporção de N, com exceção do Biof. 4 (5,5% AH, 4% N, 1% P e 3% K) nas doses 4 e 6 L ha⁻¹, que obtiveram resultados semelhantes ao tratamento controle (Tabela 8).

Para o conteúdo foliar de enxofre, a aplicação dos biofertilizantes Biof. 3 (5,5% AH, 0,1% N, 0,03% H₃PO₄, 1,5 K, 0,02% Mg, 0,17% Ca, 0,01% B e 0,02% Fe) e Biof. 4 (5,5% AH, 4% N, 1% P e 3% K), em todas as doses avaliadas, proporcionaram resultados superiores ao obtido pelo controle (Tabela 8). Analisando quantitativamente as doses, ajustou-se um modelo linear, com R² de 90,12%, representando alta correlação com os dados (Figura 3). Demonstrando que a aplicação da dose 6 L ha⁻¹ dos biofertilizantes correspondeu ao maior acúmulo foliar de S.

Semelhante aos resultados observados com o teor foliar de B, não foi verificado a partir dos resultados do teste de Dunnet diferenças entre a aplicação de SHs e o controle, para o conteúdo foliar de B. Contudo, observou-se que os Biof. 1 e 4, na dose de 2L ha⁻¹, apresentaram melhores desempenhos em relação ao Biof. 2 para o conteúdo B nas folhas. Assim como a aplicação Biof. 3, na dose de 6 L ha⁻¹, em comparação com os biofertilizantes Biof. 1 e 2 (Tabela 8).

Tabela 8 - Conteúdo foliar de nutrientes, aos 74 DAS, de milho, cultivar Dall 30A37 PWU, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.

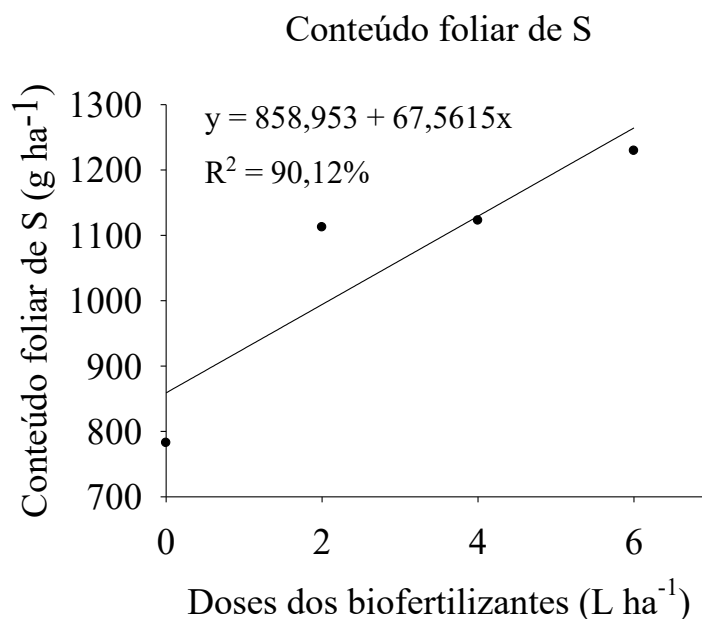
Tratamentos	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média
	2	4	6			2	4	6			2	4	6		
	N (g ha ⁻¹)*					P (g ha ⁻¹) ^{ns}					K (g ha ⁻¹) ^{ns}				
Biof. 1	7530,16 [□]	7173,66 B [□]	8321,28 B [□]		7675,03	621,19	677,86	715,88		671,65	5177,03	5785,41	5692,56		5551,67
Biof. 2	8048,01 [□]	7614,29 B [□]	7899,96 B [□]		7854,08	616,33	624,98	637,32		626,21	5369,99	5450,92	5719,60		5513,50
Biof. 3	7530,16 [□]	7173,66 B [□]	8321,28 B [□]		7675,03	670,93	531,75	622,77		608,48	5617,70	4818,70	5466,45		5300,95
Biof. 4	7822,06 [□]	10163,42 A	12123,54 A		10036,34	623,59	632,70	626,65		627,65	5240,76	4926,44	4941,57		5036,26
Média	7522,35	8120,71	8946,96			633,01	616,82	650,65			5351,37	5245,37	5455,04		
Controle [□]	11197,77					569,24					4990,03				
CV (%)	9,54					11,21					12,36				
Tratamentos	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média
	2	4	6			2	4	6			2	4	6		
	S (g ha ⁻¹)*					Ca (g ha ⁻¹) ^{ns}					Mg (g ha ⁻¹) ^{ns}				
Biof. 1	854,25	963,19	994,37		937,27 C	860,79	851,31	909,40		873,83	395,70	366,81	424,32		395,61
Biof. 2	1026,27	1084,66	1142,55		1084,49 B	841,02	842,87	918,49		867,46	353,89	364,28	402,89		373,69
Biof. 3	1250,48 [□]	1147,24 [□]	1353,64 [□]		1250,45 A	899,60	820,23	911,71		877,18	407,03	354,23	374,48		378,58
Biof. 4	1318,06 [□]	1295,49 [□]	1426,60 [□]		1346,72 A	859,79	861,03	938,45		886,42	362,74	375,36	384,83		374,31
Média	1112,27	1122,65	1229,29			865,30	843,86	919,51			379,84	365,17	396,63		
Controle [□]	782,34					1061,52					356,1				
CV (%)	11,5					15,7					17,47				

Tratamentos	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média
	2	4	6	2		4	6	2	4		6				
	Cu (mg ha ⁻¹) ^{ns}					Fe (mg ha ⁻¹) ^{ns}					Mn (mg ha ⁻¹) ^{ns}				
Biof. 1	2321,07	2605,10	2061,38	2329,18	60932,90	63980,22	69214,28	64709,13	23821,47	26562,93	28961,78	26448,73			
Biof. 2	2131,55	2340,08	2414,74	2295,46	81430,68	69660,65	83089,66	78060,33	25068,35	29944,30	27866,21	27626,29			
Biof. 3	2624,81	2121,99	2392,14	2379,64	65774,72	60452,00	61391,65	62539,46	25609,04	24460,83	29032,21	26367,36			
Biof. 4	2325,61	2343,16	2603,26	2424,01	72219,69	64862,85	66692,84	67925,13	28388,81	25986,92	28111,18	27495,64			
Média	2350,76	2352,58	2367,88		70089,50	64738,93	70097,11		25721,92	26738,75	28492,84				
Controle [□]	1977,88				58746,03				24305,33						
CV (%)	13,99				23,75				13,72						

Tratamentos	Dose (L ha ⁻¹)				Média	Dose (L ha ⁻¹)				Média
	2	4	6	2		4	6			
	Zn (mg ha ⁻¹) ^{ns}					B (mg ha ⁻¹)*				
Biof. 1	6515,94	7641,36	7856,65	7337,99	9418,91 A	7594,80	6492,94 B	7835,55		
Biof. 2	6606,96	7164,33	7083,56	6951,62	5898,29 B	7880,76	6562,71 B	6780,59		
Biof. 3	7333,65	5955,64	7098,92	6796,07	8471,61 AB	8841,40	10790,49 A	9367,83		
Biof. 4	7487,71	7594,40	7090,45	7390,85	11204,03 A	6976,51	8290,98 AB	8823,84		
Média	6986,06	7088,93	7282,39		8748,21	7823,37	8034,28			
Controle [□]	6440,86				7955,49					
CV (%)	14,28				20,16					

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. [□] Valores que diferem do controle (testemunha) pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância

Figura 3 - Conteúdo foliar de enxofre (g kg^{-1}), no milho, em função das doses dos biofertilizantes avaliados (L ha^{-1}).



Fonte: A autora.

Para os componentes de rendimento do milho, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e diâmetro de espiga, não foram constatadas diferenças entre a aplicação dos biofertilizantes e o controle (Tabela 9). Corroborando com Batista et al. (2018), que avaliando a utilização de ácidos húmicos/fúlvicos de maneira isolada e/ou associada de nitrogênio na cultura do milho, não verificaram interferência nos componentes de rendimento e produtividade do milho em função da aplicação de ácidos húmicos/fúlvicos.

Tabela 9 - Número de fileiras de grãos, número de grão por fileira e diâmetro de espiga (mm) de milho, cultivar Dall 30A37 PWU, após a colheita, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.

Tratamentos	Dose (L ha^{-1}) Média				Dose (L ha^{-1}) Média				Dose (L ha^{-1}) Média			
	2	4	6	Média	2	4	6	Média	2	4	6	Média
	Número de fileiras ^{ns}				Número de grãos por fileira ^{ns}				Diâmetro de espiga (mm) ^{ns}			
Biof. 1	14,83	15,08	15,25	15,05	35,70	33,20	35,05	34,65	43,66	42,80	44,05	43,50
Biof. 2	15,30	15,73	15,08	15,37	34,80	33,10	33,90	33,93	44,50	43,33	43,65	43,83
Biof. 3	14,65	14,90	15,50	15,02	35,28	33,13	35,55	34,65	43,82	43,97	44,51	44,10
Biof. 4	14,75	15,15	14,90	14,93	35,45	34,23	33,93	34,53	44,57	44,27	43,57	44,14
Média	14,88	15,21	15,18		35,31	33,41	34,61		44,14	43,59	43,95	
Controle [□]	15,28				35,45				43,99			

CV (%)	2,84	3,75	2,00
--------	------	------	------

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. □ Valores que diferem do controle (testemunha) pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Assim como as demais variáveis de rendimento do milho avaliadas, o peso de mil sementes (PMS) e produtividade, não apresentaram diferenças estatísticas (Tabela 10). Evidenciando que os tratamentos apresentaram comportamento semelhante para os fatores avaliados, não sendo detectadas interferências suficientes no desenvolvimento da cultura do milho.

De acordo com CARON et al. (2015), existem estudos que demonstram que as SHs apresentam grande potencial de aumentar o desenvolvimento do sistema radicular, a biomassa da parte aérea, absorção de nutrientes e produtividade de diversas culturas de interesse econômico, do mesmo modo que outros são contrários a estes resultados.

Segundo Baldotto et al. (2019), com a aplicação de AH isolado de esterco bovino via tratamento de sementes, no milho, pode-se constatar ganhos de produtividade, e potencialização dos efeitos da calagem e fertilização, para a maioria das características de crescimento avaliadas.

Além de efeitos positivos na estrutura do solo Zhou et al. (2019) constatou aumento no crescimento das plantas e produtividade do milho, com a aplicação da mistura de bentonita-AH.

Azzem et al. (2021), constataram aumento nos teores de MOS e N total com a aplicação de AH, beneficiando o crescimento e produtividade de grãos de milho, independentemente das doses de N avaliadas.

Com base nesses resultados, acreditava-se que a aplicação destas substâncias na cultura do milho, poderia contribuir em seu rendimento produtivo. Segundo ROSE et al. (2014), a grande variabilidade encontrada nos efeitos observados com a aplicação de SHs devem-se: a fonte de extração, as condições ambientais, a espécie ou variedade da planta avaliada, assim como à dose e seu modo de aplicação.

Tabela 10 - Peso de mil sementes (PMS) (g) e produtividade (kg ha⁻¹) de milho, cultivar Dall 30A37 PWU, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.

Tratamentos	Dose (L ha ⁻¹)			Média	Dose (L ha ⁻¹)			Média
	2	4	6		2	4	6	
	PMS (g) ^{ns}				Produtividade (t ha ⁻¹) ^{ns}			
Biof. 1	277,36	273,95	277,76	276,36	5,88	5,88	6,32	6,03
Biof. 2	273,52	278,63	272,34	274,83	6,08	5,92	5,97	5,99
Biof. 3	278,42	278,74	280,39	279,18	6,17	6,00	6,45	6,21
Biof. 4	279,36	274,79	277,01	277,05	6,30	6,08	6,03	6,13
Média	277,17	276,53	276,87		6,11	5,97	6,19	
Controle [□]	263,12				6,06			
CV (%)	4,07				7,72			

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. [□] Valores que diferem do controle (testemunha) pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Suponha-se que as condições de fertilidade do solo, proporcionados pela adequada correção e adubação realizadas ao longo dos anos de cultivo na área, podem ter contribuído para que não fossem observados efeitos da aplicação das SHs sob a maioria das características morfológicas e sob os componentes de rendimento da cultura do milho. Sendo necessários novos estudos que busquem identificar a época, dose e modo de aplicação de SHs, adequados a cultura do milho.

De acordo com os resultados obtidos com a análise química do solo após colheita do milho foram verificadas diferenças nos teores de P (mg dm⁻³) e Ca (cmolc dm⁻³) no solo, decorrentes da aplicação dos biofertilizantes avaliados (Tabela 11).

Para o teor de P disponível no solo, quando utilizada a dose 6 L ha⁻¹, o biofertilizante Biof. 4 (5,5% de AH) resultou em maior teor de deste elemento no solo quando comparado aos demais biofertilizantes, não sendo verificado diferenças entre a aplicação de SHs e controle, por meio do teste de Dunnet (Tabela 11).

Quanto ao teor de Ca no solo, os biofertilizantes Biof. 1 (1% AH e 9% AF) e Biof. 4 (5,5% AH, 4% N, 1% P e 3% K) na dose 4 L ha⁻¹, obtiveram melhores resultados que a aplicação do Biof. 3 (5,5% AH, 0,1% N, 0,03% H₃PO₄, 1,5 K, 0,02% Mg, 0,17% Ca, 0,01% B e 0,02% Fe). Porém, a aplicação desses biofertilizantes não representaram incrementos em relação ao controle (Tabela 11).

Tabela 11 - Análise química do solo após a colheita do milho, cultivar Dall 30A37 PWU, em função da aplicação de biofertilizantes. Paracatu-MG, 2021.

Tratamentos	Dose (L ha ⁻¹)			Média	Dose (L ha ⁻¹)			Média	Dose (L ha ⁻¹)			Média
	2	4	6		2	4	6		2	4	6	
	MO (dag kg ⁻¹) ^{ns}				P (meh ⁻¹ mg dm ⁻³)*				K (cmolc dm ⁻³) ^{ns}			
Biof. 1	1,58	1,60	1,60	1,59	22,93	23,95	14,65 B	20,51	0,12	0,21	0,16	0,16
Biof. 2	1,60	1,70	1,53	1,61	21,78	17,05	11,6 B	16,81	0,17	0,16	0,15	0,16
Biof. 3	1,50	1,53	1,50	1,51	12,37	24,58	12,1 B	16,35	0,17	0,23	0,15	0,18
Biof. 4	1,50	1,55	1,58	1,54	16,73	14,10	29,1 A	19,98	0,15	0,17	0,16	0,16
Média	1,54	1,59	1,55		18,45	19,92	16,86		0,15	0,19	0,15	
Controle [□]	1,48				21,20				0,19			
CV (%)	7,13				36,52				32,22			
Tratamentos	Dose (L ha ⁻¹)			Média	Dose (L ha ⁻¹)			Média	Dose (L ha ⁻¹)			Média
	2	4	6		2	4	6		2	4	6	
	Al (cmolc dm ⁻³) ^{ns}				Ca (cmolc dm ⁻³)*				Mg (cmolc dm ⁻³) ^{ns}			
Biof. 1	0,10	0,00	0,00	0,03	2,70	2,70 A	2,48	2,63	1,05	1,05	0,95	1,02
Biof. 2	0,03	0,00	0,10	0,04	2,18	2,60 AB	2,30	2,36	0,98	1,10	0,95	1,01
Biof. 3	0,10	0,05	0,05	0,07	2,33	2,05 B	2,53	2,30	0,90	0,78	1,00	0,89
Biof. 4	0,13	0,00	0,08	0,07	2,73	2,75 A	2,13	2,54	0,93	1,05	0,98	0,98
Média	0,09	0,01	0,06		2,48	2,53	2,36		0,96	0,99	0,97	
Controle [□]	0,08				2,43				0,98			
CV (%)	4,92				13,55				22,79			

Tratamentos	Dose (L ha ⁻¹) Média				Dose (L ha ⁻¹) Média				Dose (L ha ⁻¹) Média			
	2	4	6		2	4	6		2	4	6	
	pH H ₂ O ^{ns}				pH Ca Cl ₂ ^{ns}				H + Al (cmolc dm ⁻³) ^{ns}			
Biof. 1	5,60	5,65	5,63	5,63	5,20	5,25	5,23	5,23	2,04	1,93	1,98	1,98
Biof. 2	5,55	5,63	5,58	5,58	5,15	5,23	5,18	5,18	2,13	1,97	2,10	2,07
Biof. 3	5,58	5,48	5,53	5,53	5,18	5,08	5,13	5,13	2,22	2,30	2,25	2,26
Biof. 4	5,58	5,70	5,63	5,63	5,18	5,30	5,23	5,23	2,22	1,92	2,09	2,08
Média	5,58	5,61	5,59		5,18	5,21	5,19		2,15	2,03	2,10	
Controle [□]	5,53				5,13				2,21			
CV (%)	2,44				2,63				13,34			
Tratamentos	Dose (L ha ⁻¹) Média				Dose (L ha ⁻¹) Média				Dose (L ha ⁻¹) Média			
	2	4	6		2	4	6		2	4	6	
	SB (cmolc dm ⁻³) ^{ns}				T (cmolc dm ⁻³) ^{ns}				V (%) ^{ns}			
Biof. 1	3,62	3,96	3,58	3,72	5,66	5,88	5,56	5,70	63,25	67,00	64,00	64,75
Biof. 2	3,32	3,86	3,40	3,53	5,45	5,83	5,50	5,59	61,00	66,25	60,75	62,67
Biof. 3	3,39	3,06	3,35	3,27	5,62	5,36	5,60	5,52	59,75	56,75	58,50	58,33
Biof. 4	3,45	3,97	3,66	3,69	5,67	5,89	5,75	5,77	59,50	67,00	62,50	63,00
Média	3,45	3,71	3,50		5,60	5,74	5,60		60,88	64,25	61,44	
Controle [□]	3,31				5,52				59,25			
CV (%)	18,81				7,52				12,48			

Tratamentos	Dose (L ha ⁻¹)			Média
	2	4	6	
	m (%) ^{ns}			
Biof. 1	3,50	0,00	0,00	1,17
Biof. 2	0,75	0,00	3,50	1,42
Biof. 3	3,25	1,50	2,00	2,25
Biof. 4	5,00	0,00	2,25	2,42
Média	3,13	0,38	1,94	
Controle [□]	4,25			
CV (%)	160,39			

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Significativo e ^{ns} não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. [□] Valores que diferem do controle (testemunha) pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Resultados semelhantes a estes foram encontrados em trabalho realizado por Sharif et al. (2006) em ensaio avaliando o efeito de diferentes níveis de ácido húmico derivado de carvão lignítico, aplicado via solo, na cultura do milho. Os autores constataram que não houve diferenças para MO, K, Ca, Mg, S, micronutrientes e pH do solo, e que houve aumento no conteúdo de N no solo a partir da adição de 100 mg kg⁻¹ de AH, e de P a partir de 200 mg kg⁻¹ de AH.

A aplicação de biofertilizantes no primeiro ano não foi suficiente para proporcionar alterações nas características químicas do solo. Contudo, com sua utilização em cultivos sucessivos poderão ser observadas melhorias no solo com sua utilização.

Li et al. (2019) avaliando os efeitos contínuos da aplicação de AH nas propriedades físico-químicas, diversidade microbiana e atividades enzimáticas do solo sob cultivo de amendoim em três anos consecutivos, verificaram aumentos nos teores de nutrientes do solo, incluindo os teores de N, P e K totais; N, P e K disponível, e nos teores de matéria orgânica, que exibiram o efeito máximo no terceiro ano de aplicação de AH. Observaram também aumentos significativos nas atividades das enzimas urease, sacarase e fosfatase; aumento da diversidade microbiana; e melhorias no rendimento e na qualidade do amendoim.

4 CONCLUSÕES

Os biofertilizantes proporcionaram resultados diferentes entre as fontes e doses.

Os biofertilizantes aumentaram crescimento, e afetaram a absorção de nutrientes pelas plantas.

A aplicação dos biofertilizantes não interferiu no rendimento da cultura do milho e nas características químicas do solo.

REFERÊNCIAS

- AZZEM, K.; NAZ, F.; JALAL, A.; GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; KHALIL, F. Humic acid and nitrogen dose application in corn crop under alkaline soil conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s. l.], v. 25, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n10p657-663>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/QbwcST4gvqpPqzrfpjprnyf/?lang=en>. Acesso em: 26 jan. 2022.
- BALDOTTO, L. E. B.; BALDOTTO, M. A.; GIRO, V. B.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; BRESSAN-SMITH, R. Desempenho do abacaxizeiro 'Vitória' em resposta à aplicação de ácidos húmicos durante a aclimação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s. l.], v. 33, p. 979-990, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000400022>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/wpBBC74YxNvRvv6pr7MrdsW/?lang=pt>. Acesso em: 20 jan. 22.
- BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Ácidos húmicos. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 61, p. 856-881, 2014. Suplemento. DOI: 10.1590/s0034-737x201461000011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/94wksVHhCDcDxkVdYqb4Pqw/?lang=pt>. Acesso em: 15 dez. 2022.
- BALDOTTO, M. A.; MELO, R. O.; BALDOTTO, L. B. Field corn yield in response to humic acids application in the absence or presence of liming and mineral fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 6, suplemento 2, p. 3299-3304, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl2p3299>. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/34560>. Acesso em: 18 dez. 2021
- BATISTA, V. V.; ADAMIL, P. F.; FERREIRA, M. L.; GIACOMEL, C. L.; SILVA, J. S.; OLIGINI, K. F. Ácidos húmicos/fúlvicos e nitrogênio na produtividade da cultura do milho. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, [s. l.], v. 12, p. 257-267, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18011/bioeng2018v12n3p257-267>. Disponível em: <https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/690>. Acesso: 20 jan. 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, ed. 1, p. 395, 2009. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf. Acesso em: 5 jan. 2022.
- CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTROM, P. R. C. **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, [s. n.], 2015. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/biblioteca/sites/default/files/publicacoes-a-venda/pdf/SPR58.pdf>. Acesso em: 10 set. 2021.
- CHEN, Y.; AVIAD, T. Effects of humic substances on plant growth. In: **Humic Substances in Soil and Crop Science: Selected Readings**, eds. MACCARTHY, P.; CLAPP, C. E.; MALCOLM, R. L.; BLOOM, P. R. Madison, WI: American Society of Agronomy and Soil Society of America, [s. l.], p. 161–186, 1990. DOI:

<https://doi.org/10.2136/1990.humicsubstances.c7>. Disponível em:
<https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2136/1990.humicsubstances.c7> . Acesso: 20 jan. 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, v. 8, Safra 2020/2021, n. 12, p. 54-71, set. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 22 out. 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília, **CONAB**, v. 8, Safra 2021/2022, n. 4, p. 70-81, jan. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 20 jan. 2022.

CFSEMG – COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª**, SBSC, Viçosa – MG, 1 ed., p. 359, 1999.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (org.). Manual de métodos de análise de solo. **Embrapa Solos**, Rio de Janeiro, ed. 2, doc. 132, p. 230, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990374/1/ManualdeMtodosdeAnilisedeSolo.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Informação Tecnológica, Brasília, DF, p. 628, 2009. Disponível em: <https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00083136.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Embrapa Solos, 3 ed., [s. n.], p. 353, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Uso de informações ambientais na modelagem e interpretação da interação genótipo x ambiente**. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, 1 ed., p. 4, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1124389/1/CNPAF-2020-BPD56.pdf>. Acesso: 22 out. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF, 2018. 212p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829>. Acesso em: 22 out. 2021.

FAÇANHA, A. R.; FAÇANHA, A. L. O.; OLIVARES, F. L.; GURIDI, F.; SANTOS, G. A.; VELLOSO, A. C. X.; RUMJANEK, V. M.; BRASIL, F.; SCHRIPEMA, J.; BRAZ-FILHO, R.; OLIVEIRA, M.A.; CANELLAS, L. P. Bioatividade de ácidos húmicos: efeitos sobre o 21 desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1301-1310, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000900014> Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/pab/a/K6w98r8RqdHCb57CvS3vbQm/?lang=pt>. Acesso em: 17 jan. 2022.

HURTADO, S. M. C. **Uso do clorofilômetro e de agricultura de precisão no manejo da adubação nitrogenada do milho**. Tese (doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, p. 103, 2008. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/3498/1/TESE_Uso%20do%20clorofil%C3%B4metro%20de%20agricultura%20de%20precis%C3%A3o%20no%20manejo%20da%20aduba%C3%A7%C3%A3o%20nitrogenada%20do%20milho.pdf. Acesso em: 20 jan. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Dados meteorológicos**. 2021. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em 01 março. 2022.

LI, Y.; FANG, F.; WEI, J.; WU, X.; CUI, R.; LI, G.; ZHENG, F.; TAN, D. Humic acid fertilizer improved soil properties and soil microbial diversity of continuous cropping peanut: a three-year experiment. **Scientific reports**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 1-9, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48620-4>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-48620-4>. Acesso: 18 dez. 2021.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, ed. 2, p. 319, 1997.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C.; PORTO FILHO, F. Q.; GUEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. Teores foliares de nutrientes em meloeiro irrigado com águas de diferentes salinidades. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 9, p. 292-295, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/7G4JYmzDdHhQWrbyHYSjSRP/?format=pdf&lang=pt#:~:text=A%20diminui%C3%A7%C3%A3o%20dos%20teores%20de,de%20absor%C3%A7%C3%A3o%20relativa%20do%20nutriente>. Acesso em: 17 jan. 2022.

MINOLTA CAMERA. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Osaka: Minolta Radiometric Instruments Division, p. 22, 1989. Disponível em: https://www.konicaminolta.com.cn/instruments/download/manual/pdf/SPAD-502_Manual.pdf. Acesso em: 5 jan. 2022.

MIRANDA, R. A. D.; BORGHI, E.; KARAN, D.; NETO, M. M. G.; TRINDADE, R. D. S.; RESENDE, A. V. D.; OLIVEIRA, I. R. D.; PARENTONI, S. N.; MENDES, S. M.; DUARTE, J. D. O. Capítulo 6. Aumento de produtividade e rentabilidade de milho com intensificação tecnológica. In: **Tecnologias Poupas-Terra 2021. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa**. Brasília, DF, [s. n.], 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131517/tecnologias-poupa-terra-2021>. Acesso em: 22 out. 2021.

ROSE, M. T.; PATTI, A. F.; LITTLE, K. R.; BROWN, A. L.; JACKSON, W. R.; CAVAGNARO, T. R. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agriculture. In: Sparks, D.S. (Ed.), **Advances in Agronomy**, [s. l.], v. 124, p. 37-89, 2014. DOI: 10.1016/B978-0-12-800138-7.00002-4. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128001387000024?via%3Dihub>. Acesso em: 14 jan. 2022.

QUAGGIOTTI, S.; RUPERTI, B.; PIZZEGHELLO, D.; FRANCIOSO, O.; TUGNOLI, V.; NARDI, S. Effect of low molecular size humic substances on nitrate uptake and expression of genes involved in nitrate transport in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Experimental Botany**, [s. l.], v. 55, p. 803–813, 2004. DOI: 10.1093/jxb/erh085. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15020644/>. Acesso em: 20 jan. 2022.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 10 mar. 2021.

ROSE, M. T.; PATTI, A. F.; LITTLE, K. R.; BROWN, A. L.; JACKSON, W. R.; CAVAGNARO, T. R. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agriculture. In: Sparks, D.S. (Ed.), **Advances in Agronomy**, [s. l.], v. 124, p. 37–89, 2014. DOI: 10.1016/B978-0-12-800138-7.00002-4. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128001387000024?via%3Dihub>. Acesso em: 14 jan. 2022.

SCHRÖDER, J. J.; NEETESON, J. J.; OENEMA, O.; STRUIK, P. C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of the art. **Field Crops Research**, Madison, v. 66, p. 151-164, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(00\)00072-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00072-1). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429000000721>. Acesso em: 26 jan. 2022.

SHARIF, M.; KHATTAK, R. A.; SARIR, M. S. EFFECT OF DIFFERENT LEVELS OF LIGNITIC COAL DERIVED HUMIC ACID ON GROWTH OF MAIZE PLANTS. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, [s. l.], v. 33, p. 3567–3580, 2006. DOI: 10.1081/css-120015906. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1081/CSS-120015906>. Acesso em: 20 jan. 2022.

VAUGHAN, D.; MALCOM, R. E.; ORD, B. G. Influence of humic substances on biochemical processes in plants. In: VAUGHAN, D. **Soil Organic Matter and Biological Activity**, Dordrecht: Martinus Nijhoff; Dr W Junk, p. 77-108, 1985.

VERLINDEN, D.; PYCKE, B.; MERTENS, J.; DEBERSAQUES, F.; VERHEYEN, K.; BAERT, G.; BRIES, J.; HAESAERT, G. Application of humic substances results in consistent increases in crop yield and nutrient uptake. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 32, p. 1407-1426, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904160903092630>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01904160903092630?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 20 jan. 2022.

WASKON, R. M.; WESTFALL, D. G.; SPELLMAN, D. E.; SOLTANPOUR, P. N. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Communications of Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 27, p. 545-560, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103629609369576>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103629609369576>. Acesso em: 26 jan. 2022.

WOOD, C. W.; REEVES, D. W.; DUFFIELD, R. R.; EDMISTEN, K. L. Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 15, p. 487-500, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1080/01904169209364335>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904169209364335>. Acesso em: 26 jan. 2022.

ZHOU, L.; MONREAL, C. M.; XU, S.; MCLAUGHLIN, N. B.; ZHANG, H.; HAO, G.; LIU, J. Effect of bentonite-humic acid application on the improvement of soil structure and maize yield in a sandy soil of a semi-arid region. **Geoderma**, [s. l.], p. 269–280, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.12.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706118315076?via%3Dihub>. Acesso em: 18 dez. 2021

ZOTARELLI L, L.; CARDOSO, E. G.; PICCININ, J. L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; TORRES, E.; ALVES, B. J. R. Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para uso na cultura do milho. Comunicado técnico 55. **Embrapa Agrobiologia**, Rio de Janeiro, RJ, p. 4, 2002. ISSN 1517-8862. Disponível: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/624249/calibracao-do-medidor-de-clorofila-minolta-spad-502-para-uso-na-cultura-do-milho>. Acesso em: 17 dez. 2020.