

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

ADUBAÇÃO MINERAL E ORGANOMINERAL ASSOCIADA A
ÁCIDOS ORGÂNICOS NO CULTIVO
DO TOMATEIRO INDUSTRIAL

Autor: Fabricia Alves Bueno de Oliveira
Orientador: Emmerson Rodrigues de Moraes

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

ADUBAÇÃO MINERAL E ORGANOMINERAL ASSOCIADA A
ÁCIDOS ORGÂNICOS NO CULTIVO
DO TOMATEIRO INDUSTRIAL

Autor: Fabricia Alves Bueno de Oliveira
Orientador: Emmerson Rodrigues de Moraes

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM OLERICULTURA, no Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos - Área de Concentração Olericultura.

MORRINHOS – GO
2023

FICHA CATALOGRÁFICA DEVERÁ SER EMITIDA PELO BIBLIOTECÁRIO DO IF
GOIANO – CAMPUS MORRINHOS

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

O48a Oliveira, Fabricia Alves Bueno de.
Adubação mineral e organomineral associada a ácidos orgânicos no cultivo do tomateiro industrial. / Fabricia Alves Bueno de Oliveira. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2023.
48 f. : il. color.

Orientador: Dr. Emmerson Rodrigues de Moraes

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Olericultura, 2023.

I. Adubos e fertilizantes. 2. Tomate. 3. Ácido fúlvico. 4. Ácido húmico. I. Moraes, Emmerson Rodrigues de. II. Instituto Federal Goiano. III. Título.

CDU 635.64:631.82

Fonte: Elaborado pela Bibliotecária-documentalista Morgana Guimarães, CRB1/2837

PÁGINA DE APROVAÇÃO SERÁ EMITIDA PELA SECRETARIA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA



Repositório Institucional do IF Goiano - RIF Goiano
Sistema Integrado de Bibliotecas

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Fabírcia Alves Bruno de Oliveira

Matrícula:

2020104330410028

Título do trabalho:

ADUBAÇÃO MINERAL E ORGANOMINERAL ASSOCIADA A ÁCIDOS ORGÂNICOS NO CULTIVO DO TOMATEIRO INDUSTRIAL

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(s) referido(s) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obtém autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
gov.br
FABRICIA ALVES BRUNO DE OLIVEIRA
Data: 22/08/2023 10:41:00 AM
Verifique em <https://verifica.ifgoiano.edu.br>

Água boa - MT
Local

22 / 08 / 2023
Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Cliente e de acordo:

Documento assinado digitalmente
gov.br
EMERSON RODRIGUES DE MORAES
Data: 22/08/2023 10:41:47 AM
Verifique em <https://verifica.ifgoiano.edu.br>

Assinatura do(s) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE

Ata nº 3/2023 - SGPGR-HQ/CPGR-HQ/CMFHOS/IFGOLIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

ATA Nº 104

BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos sete dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e três, às 08h:00 min (oito horas), reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão aberta realizada por videoconferência (https://golano.edu.br-my.sharepoint.com/:v/g/personal/emerson_moraes_ifgolano_edu_br/E6fa8h73f7v0kA76rWuQp88mEDNwVfyMGOvXvK2Wpra?email=elciero.silva%40ifgolano.edu.br) para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, intitulada "Adubação mineral e organomineral associada a ácidos orgânicos no cultivo do tomateiro industrial" de autoria de **Fabírcia Alves Bueno de Oliveira**, discente do Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal Golano - Campus Morrinhos. A sessão foi aberta pelo (a) presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Emerson Rodrigues de Moraes, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida a autora para, em 30 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca fez suas arguições, adotando-se o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Olericultura, e procedidas às correções recomendadas, a Dissertação foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM OLERICULTURA**, na linha de pesquisa em Sistema de Produção em Olerícolas, pelo Instituto Federal Golano - Campus Morrinhos. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGOL da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação de artigo científico oriundo dessa Dissertação em periódico após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da Banca Examinadora.

Membros da Banca Examinadora

| Nome | Instituição | Situação no Programa |
|--|--|----------------------|
| Prof. Dr. Emerson Rodrigues de Moraes | IF Golano-Campus Morrinhos | Presidente |
| Prof. Dr. Elciero José da Silva | IF Golano-Campus Morrinhos | Membro interno |
| Prof.ª Dr.ª Luciana Domingues Biffencourt Ferreira | Universidade Estadual de Goiás Palmeiras de Goiás | Membro externo |

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, estar concluindo uma etapa tão importante na minha vida.

Uma eterna gratidão a minha família, pois com seu apoio tudo se tornou mais fácil, principalmente nos momentos de desistir.

Grata ao meu orientador Emmerson pelo apoio e orientação, tanto na implantação do projeto quanto escrita da dissertação.

Aos colegas do programa que foram parceiros, mesmo distantes sempre presentes, com uma palavra de apoio.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Fabricia Alves Bueno de Oliveira, filha de Evandro Antônio Bueno e Fabiane Alves Santana Bueno, nasceu em 22 de dezembro de 1995, na cidade de Iporá – Goiás.

Esposa de Philippe Wellington de Oliveira, mãe de Catarina Bueno de Oliveira e Valentina Bueno de Oliveira, residente de Água Boa – Mato Grosso.

Em 2017, graduou-se em Agronomia pelo Centro Universitário de Goiás – Uni-GOIÁS. Em março de 2020 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Olericultura pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus Morrinhos*.

ÍNDICE

| | Página |
|---|--------|
| RESUMO | 1 |
| TOMATEIRO..... | 4 |
| TOMATEIRO INDUSTRIAL..... | 6 |
| ÁCIDOS HÚMICOS E FÚLVICOS NA CULTURA DO TOMATE..... | 10 |
| FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS NA CULTURA DO TOMATE | 13 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 15 |
| CAPÍTULO I..... | 18 |
| RESUMO | 18 |
| 1.1 INTRODUÇÃO..... | 19 |
| 1.2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 20 |
| 1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 26 |
| 1.4 CONCLUSÃO..... | 37 |
| 1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 38 |

RESUMO

OLIVEIRA, FABRICIA ALVES BUENO de. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, fevereiro, 2023. **Adubação mineral e organomineral associada a ácidos orgânicos no cultivo do tomateiro industrial.** Orientador (a): Emmerson Rodrigues de Moraes.

O tomateiro é uma das hortaliças mais consumidas no mundo. Frente ao exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da adubação com fertilizante mineral; organomineral, na presença de ácido húmico e fúlvico, como manejo alternativo para o cultivo do tomateiro industrial. O experimento conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Morrinhos, localizado na BR-153 Km 633. As coordenadas geográficas do local são 17°48'45" Sul, 49°12'14" Oeste e 910 m de altitude. A cultivar de tomate estudada foi a híbrido Heinz 9553. Os tratamentos consistiram em três tipos de fertilizantes no transplântio: T1 - formulação de fertilizante mineral contendo KCl; T2 – formulação de fertilizante mineral com fosfato monoamônico (MAP); T3 – formulação com fertilizante organomineral contendo sulfato de potássio (K_2SO_4); ambos com e sem ácidos húmicos e fúlvicos. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial de 3 x 2 com cinco repetições, totalizando 30 parcelas. Foram avaliadas a Taxa fotossintética (TF), Condutância estomática (CE), Taxa respiratória (TR), relação interna e externa de CO_2 (Ci/Ca) e o transporte de elétrons (TE) como características fisiológicas, a produção e as características físico-químicas dos frutos, e os teores de nutrientes foliares, como potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn). Os resultados mostram que a formulação com organomineral contendo K_2SO_4 teve as maiores médias para a CE e TR. E ainda maior produção de frutos e média semelhante aos minerais KCl e MAP para as características físico-químicas dos frutos. Em relação aos teores nutricionais foliar, o Cu obteve 9,17 mg kg⁻¹ no mineral MAP. Para o Mn, a adição de ácidos orgânicos teve a menor média 47,12 mg kg⁻¹. Para o Mg e Zn, o organomineral se sobressaiu nas médias obtidas, na ausência de ácidos húmicos e fúlvicos, em relação ao KCl e MAP. Na ausência de ácidos húmicos e fúlvicos, a formulação com o organomineral contendo K_2SO_4 é a melhor alternativa para a adubação de base de tomateiro industrial.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo alternativo, tomate, fertilizantes.

ABSTRACT

OLIVEIRA, FABRICIA ALVES BUENO de. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, February, 2023. **Mineral and organomineral fertilization associated with organic acids in industrial tomato cultivation.** Advisor: Emmerson Rodrigues de Moraes.

Tomato is one of the most consumed vegetables in the world. Considering that the objective of this study was to evaluate the fertilization efficiency with mineral fertilizer; organomineral, in the presence of humic and fulvic acid, as an alternative management for the industrial tomato cultivation. The experiment was carried out at the Federal Institute of Education, Science and Technology Goiano - Morrinhos Campus, located at BR-153 Km 633. The geographic coordinates of the place are 17°48'45" South, 49°12'14" West and 910 m altitude. The tomato cultivar studied was the hybrid Heinz 9553. The treatments consisted of three types of fertilizers in the transplant: T1 - formulation of mineral fertilizer containing KCl; T2 – formulation of mineral fertilizer with monoammonium phosphate (MAP); T3 – formulation with organomineral fertilizer containing potassium sulfate (K₂SO₄); both with and without humic and fulvic acids. The design used was randomized blocks in a factorial scheme of 3 x 2 with five replications, totaling 30 plots. The photosynthetic rate (PR), stomatal conductance (SC), respiratory rate (RR), internal and external CO₂ ratio (C_i/C_a), and electron transport (ET) were evaluated as physiological characteristics, production and physical-chemical characteristics of the fruits, and the foliar contents nutrients, such as potassium (K), phosphorus (P), calcium (Ca), magnesium (Mg), copper (Cu), iron (Fe), zinc (Zn) and manganese (Mn). The results demonstrate that the formulation with organomineral+ K₂SO₄ had the highest means for PR, SC, RR, and C_i/C_a and the lowest for ET. And even greater fruit production and average like KCl and MAP minerals for the physical-chemical characteristics of the fruits. Regarding leaf nutritional contents, Cu obtained 9.17 mg kg⁻¹ in MAP mineral. For Mn, the organic acids addition had the lowest average of 47.12 mg kg⁻¹. For Mg and Zn, the organomineral stood out in the means obtained, in the absence of humic and fulvic acids, in relation to KCl and MAP. In the absence of humic and fulvic acids, the organomineral-containing K₂SO₄ formulation is the best alternative for industrial tomato base fertilization.

KEYWORDS: Alternative management, tomato, fertilizer.

INTRODUÇÃO GERAL

O tomate é uma das hortaliças indispensável para a dieta de muitas famílias ao redor do mundo, podendo ser consumido de várias formas como saladas, doces, pastas, molhos, entre outros. Porém, a cultura desse produto requer cuidados especiais, uma vez que é necessário ter concentrações elevadas de nutrientes para garantir a maior produtividade. Com isso, emerge a adubação organomineral que tende a contribuir para atingir esse objetivo ao mesmo tempo que garante produtos com melhores qualidade (ATHERTON; RUDICH, 2013).

A produção e o desempenho da cultura do tomate requerem cuidados especiais para garantir a produtividade e a qualidade adequada do fruto. Podendo ser atingido por meio dos fertilizantes organominerais, dos ácidos húmicos e fúlvicos que irão fornecer os nutrientes exigidos para o desenvolvimento. Por meio dessa estratégia, quando projetada adequadamente, consegue-se otimizar uma série de parâmetros como a produtividade média, a quantidade de frutos por planta, a massa fresca dos frutos e a quantidade de frutos sadios (FERREIRA *et al.*, 2016).

O presente trabalho é justificado porque demonstra uma estratégia que pode ser empregada para potencializar a produtividade da cultura do tomate. Com menos danos ao meio ambiente, uma vez que por meio do uso de fertilizantes organominerais consegue-se reduzir os impactos ao meio ambiente, contribuindo para a sustentabilidade agrícola.

Diante disso, o trabalho teve como objetivo avaliar a adubação mineral; organomineral, na presença de ácido húmico e fúlvico, como manejo alternativo para o cultivo do tomateiro industrial.

REVISÃO DE LITERATURA

TOMATEIRO

Ao tratar do tomateiro, evidencia-se que tal planta integra a família *Solanaceae* que surgiu na região dos Andes que engloba nações como Equador, Bolívia e Peru. No entanto, a domesticação e o começo da ingestão do fruto ocorreram no México. A disseminação da planta para os países europeus ocorreu através dos espanhóis que começaram a utilizá-la como elemento de enfeite, uma vez que acreditavam que os níveis de toxinas presentes nela eram elevados por causa do aroma forte exalado pelas folhas. Somente no século XIX é que se passou a consumir o fruto (MALET, 2019).

No entanto, a partir do século XX o fruto passou a ter um nível de importância elevado no cenário mundial, algo que popularizou a sua disseminação no mundo (BENETTI *et al.*, 2018).

Por causa da elevação com os níveis de preocupação acerca das questões de saúde por uma parcela significativa da população, observa-se o incremento na ingestão de hortaliças e de frutas. Isso ocorreu, também no caso do consumo dos tomates, que tem sido impulsionado pela busca de fontes alimentares mais saudáveis e ricas em nutrientes, estimulando a elevação nas vendas do componente em seu estado fresco (VALMORBIDA *et al.*, 2020).

É importante mencionar que o clima presente na região de montanhas na Cordilheira dos Andes, local em que o tomateiro apareceu, é majoritariamente de altitude tropical, favorecendo seu desenvolvimento. Além disso, é marcado por precipitações pluviométricas anuais elevadas e temperatura amena. Porém, a cultura pode ser adaptada facilmente a uma série de climas, especialmente o subtropical (RODRIGUES *et al.*, 2018).

A temperatura de plantio ideal do tomate oscila de 15 a 24°C, no entanto, conta com nível de tolerância elevado, sendo possível plantá-lo em uma faixa que pode ir de 5 até 36°C. Vale mencionar que temperaturas mais baixas ou muito elevadas tendem a impactar de forma negativa o desenvolvimento, bem como a formação dos frutos. Destaca-se que as temperaturas mais altas ligam-se à umidade elevada do ar, algo que favorece o aparecimento das doenças fúngicas (OCHILO *et al.*, 2019).

Existem basicamente outro grupos de tomate disponíveis no mercado, sendo os mais comuns cereja, salada (saladete), o italiano, santa Cruz e o caqui (Figura 1). Aponta-se que o

último é um dos mais populares, mas o primeiro tem se destacado, ganhando o gosto dos consumidores e de empresas do ramo alimentício. É possível utilizar o tomate cereja em diversas situações, especialmente para ornamentar pratos e, graças a essa popularização, seu preço é reduzido significativamente, mesmo apresentando valor maior em comparação com os outros tipos (SINGH *et al.*, 2017).

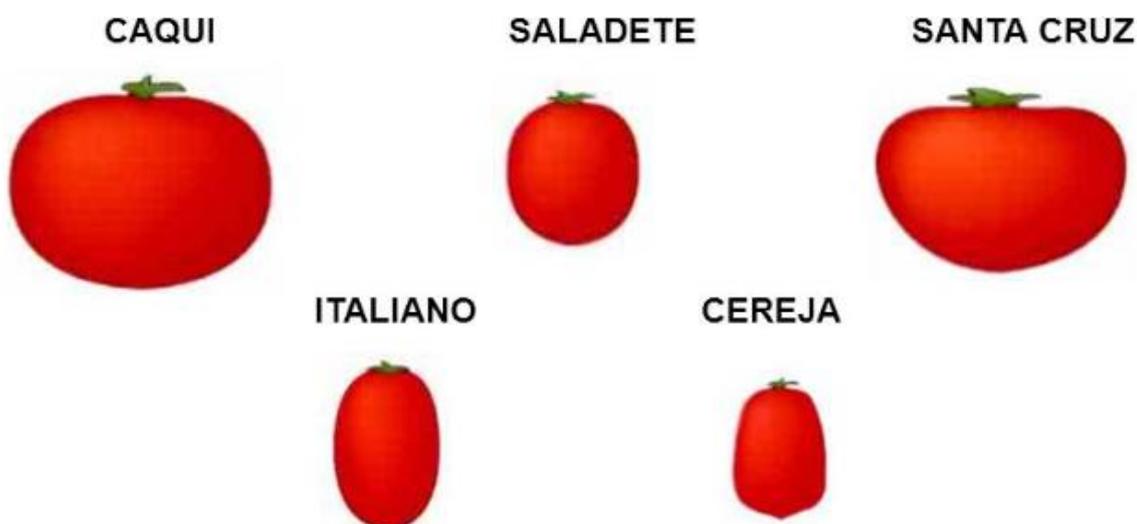


Figura 1: Tipos de frutos de tomate de cultivares disponíveis no mercado brasileiro.
Fonte: MALET (2019).

Vale apontar que o tomateiro é considerado como sendo uma das hortaliças mais relevantes a nível mundial, e a sua produção duplicou nos últimos 20 anos graças à popularização do seu consumo (WAKO; MULETA, 2022).

O aumento no consumo do tomate está ligado a várias questões, uma delas é o desenvolvimento e a ampliação das redes de *fast-foods* que passaram a incorporá-lo, em seu formato fresco e processado nos alimentos. É importante mencionar também a elevação na necessidade de maior agilidade e rapidez para o preparo dos alimentos, algo que potencializou a demanda pelos itens semiprontos ou industrializados. Ao tratar do seu uso na condição industrializada, pode-se mencionar o emprego para a obtenção de *ketchups* e de molhos preparados (FRANCA *et al.*, 2017).

No ano de 2016 foram produzidos cerca de 177 milhões de toneladas do fruto, para indústria e mesa, contemplando uma área equivalente a 4,8 milhões de hectares. Em solo brasileiro, os estados que mais produzem esse fruto são Minas Gerais, São Paulo e Goiás (VIEIRA *et al.*, 2022).

TOMATEIRO INDUSTRIAL

Aponta-se que as áreas que são cultivadas com o tomateiro, que é direcionado para o processamento industrial, são inicialmente plantadas através de mudas devidamente produzidas nas bandejas. Posteriormente, há o transplante para o local definitivo, podendo ser de forma manual ou mecanizado, diretamente no solo ou no canteiro (ATHERTON; RUDICH, 2013).

Primeiramente, faz-se o uso de um dispositivo distribuidor de fertilizantes com sulcadores que se encontram distribuídos de modo idêntico ao sistema distributivo das mudas da transplantadeira. Aponta-se que ao longo do processo de distribuição dos fertilizantes realiza-se tanto os sulcos como a fertilização, sendo que os fertilizantes são aplicados logo depois da realização dos sulcos (MALET, 2019).

Ao longo da fase do transplante, tem-se um sistema distributivo dotado do sulcador que é regulado para que haja coincidência com a linha que foi fertilizada anteriormente. Isso é necessário para garantir que se tenha a incorporação plena do solo e o fertilizante, bem como evitar contato direto do produto com as raízes. É importante frisar que quase todo o plantio do tomateiro industrial ocorre através de transplante das mudas (ATHERTON; RUDICH, 2013). Para isso, pode-se adotar o preparo convencional do solo (Figura 2).



Figura 2 – Preparo convencional do solo - (A) aplicação superior a 2 t de calcário, dois meses antes do plantio, e parcelado duas vezes, a primeira durante a aração, e a segunda após a gradagem; (B) gradagem do solo e (C) plantio da cultura do tomateiro industrial no local definitivo. Fonte: EMBRAPA HORTALIÇAS (2003); MALET (2019).

Há também o plantio direto na palha (Figura 3), nesse caso o transplântio das mudas ou o plantio das sementes ocorre sem preparo prévio do solo. Aproveitando a palha presente no solo, advinda da cultura anterior, destaca-se que a palha protege o solo contra a irrigação por aspersão e o controle de plantas daninhas para o desenvolvimento de um ambiente propício para o ótimo desenvolvimento do tomateiro e seu sistema radicular (MALET, 2019).



Figura 3: Plantio do tomateiro industrial na palhada da cultura anterior.
Fonte: MALET (2019)

Assim, pode-se mencionar que existem diversas formas de garantir o aumento da produtividade da cultura do tomateiro. Porém, deve-se estar atento às particularidades da região a fim de garantir o desenvolvimento de condições propícias para o desenvolvimento do tomateiro (ATHERTON; RUDICH, 2013).

EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DO TOMATEIRO PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Os níveis de instabilidade dos preços e da produtividade da cultura do tomate pode ser considerado um risco comercial elevado para os produtores. A planta é tida como uma das mais exigentes do ponto de vista nutricional, no entanto, consiste em uma espécie que responde bem a maiores doses dos adubos (ARAH *et al.*, 2015).

O conhecimento da concentração de nutrientes existentes nos diferentes compartimentos das plantas é de fundamental importância para a manutenção a médio e a longo prazo da produtividade dos plantios agrônômicos. A quantidade de nutrientes absorvidos pelo tomateiro e a sua compartimentalização estão associados ao desenvolvimento da planta, e

dependem de fatores, como o sistema de plantio, as fontes e doses dos fertilizantes, entre outros. De modo geral, os macronutrientes exigidos pelo tomateiro industrial segue a seguinte ordem decrescente de nutrientes, Potássio (K), Nitrogênio (N), Cálcio (Ca), Enxofre (S), Fósforo (P) e magnésio (Mg), (NEVES, 1999; CLEMENTE; BOITEUX, 2012).

Segundo Marschner (2012) o N é considerado o elemento básico nos complexos de aminoácidos, proteicos e enzimáticos, além disso, integra o processo de fotossíntese, sendo absorvido no formato nítrico ou amoniacal. A participação desse produto em diversas reações relaciona-se aos níveis de mobilidade elevados dentro da planta, aponta-se que a sua falta na cultura tende a culminar no fenômeno denominado clorose foliar. Ao tratar do N na cultura de tomate, evidencia-se que seu aumento tende a potencializar a produtividade, a frutificação, o florescimento, a área foliar, a quantidade de folhas, a altura da planta e a quantidade da massa da matéria seca nas raízes, dos frutos, das folhas e do caule (TRINGOVSKA *et al.*, 2015).

Ao comparar o desenvolvimento de uma cultura de tomate com e sem a adição do N, pode-se constatar que no primeiro caso tem-se o incremento da produtividade em cerca de dois níveis da matéria orgânica. Em ambos os níveis da matéria orgânica, dependendo da dosagem de N (geralmente maior do que 200 quilogramas por hectare para o estado de Minas Gerais, por exemplo), consegue-se maximizar a produção (LIANG *et al.*, 2019).

Ferreira *et al.* (2016) reforçam que conseguiram ter respostas melhores no processo de produção total dos frutos do tomateiro com o aumento de doses de nitrogênio adicionadas na adubação orgânica. Além disso, a matéria seca foi maximizada de modo linear com a potencialização das doses de nitrogênio sem a adição da matéria orgânica no solo.

Mesmo o P sendo o quinto elemento na ordem de extração, aponta-se que este é o primeiro componente a apresentar resultados no processo de adubação. Esse é um dos principais macronutrientes responsáveis por limitar as culturas em solo brasileiro, uma vez que as funções principais ligam-se com as questões estruturais de plantas, bem como ao armazenamento e com a transferência de energia. Pode-se apontar que atingir produtividade elevada na cultura do tomate – cerca de 90 a 100 toneladas por hectare – na região do cerrado requer o uso de cerca de 1,3 mil quilogramas de fósforo por hectare (SUHL *et al.*, 2016).

O K é um elemento indispensável quando se trata da cultura do tomate, estando relacionado diretamente com o processo de translocação e de síntese dos nutrientes nos frutos. Desse modo, as modificações nos teores do elemento impactam intimamente a qualidade dos produtos obtidos (ATHERTON; RUDICH, 2013). Melo *et al.* (2015) afirmam que em dosagens mais elevadas de K e de P tendem a propiciar respostas melhores no que tange ao crescimento

do tomateiro, especialmente quando são cultivados nos chamados sistemas hidropônicos. Portanto, ambos os nutrientes são imprescindíveis para a cultura, uma vez que o cultivo do tomate requer muitos nutrientes, isto é, responde de modo mais efetivo quando se faz o uso de doses elevadas desses produtos.

ÁCIDOS HÚMICOS E FÚLVICOS NA CULTURA DO TOMATE

Os ácidos húmicos e fúlvicos constituem a composição orgânica de um dado solo, além disso, podem atuar como condicionadores do solo. A parte orgânica – húmus – é constituída por meio de um processo de decomposição de biomassa no solo dos compostos orgânicos. Aponta-se, ainda, que tais substâncias contam com capacidade elevada de substituição dos cátions, além de encontrarem presentes nas águas, nos solos e na matéria orgânica estável. (CARON *et al.*, 2015).

Esses produtos podem ser provenientes da degradação e/ou da deposição dos resíduos orgânicos dos animais, da polimerização microbiológica dos chamados compostos orgânicos cíclicos (nesse caso tem-se a formação de substâncias complexas dotadas de pesos moleculares distintos), da biomassa microbiana e da ciclagem de produtos como oxigênio, nitrogênio, hidrogênio e carbono advindos de matéria orgânica presente no solo (HUSEIN *et al.*, 2015).

Canella *et al.* (2005) evidenciam que tais produtos consistem em macromoléculas dotadas de interações do tipo intermoleculares, que são hidrofóbicas e são devidamente desestruturadas ao entrar em contato direto com concentrações reduzidas de soluções dos ácidos tri, di e monocarboxílicos.

O processo de extração de componentes húmicos pode ser efetuado através dos compostos alcalinos fortes, que depois experimentarão a estabilização. Outro ponto que merece atenção diz respeito às propriedades básicas de uma substância húmica, ao tratar desses elementos deve-se considerar ? (rever a frase), segundo Canellas *et al.* (2015):

- a) A maleabilidade estrutural relaciona-se com a capacidade de alterar a conformação das moléculas, bem como promover a junção intramolecular, de acordo com a ligação de grupos funcionais, da ligação eletrolítica, dos valores do redox e da alteração do pH;
- b) A hidrofilicidade que consiste na tendência de formar pontes de hidrogênio mais fortes com a água;
- c) A carga negativa macromolecular que propicia níveis de reatividade mais elevados com outros tipos de moléculas;

- d) A polifuncionalidade, isto é, a quantidade elevada de grupos funcionais, algo que promove um espectro de reatividade maior.

Destaca-se que os ácidos húmicos dependem intimamente do chamado índice de hidrofobicidade do meio em que está para que possa ter interação bioquímica com as células presentes no tecido radicular. Nesse caso, é essencial ter domínios hidrofóbicos que sejam devidamente aptos para a sua liberação, algo que ocorre, normalmente, através da atuação dos ácidos que são exsudados por moléculas e pelas raízes que tendem a promover o estímulo das membranas celulares (SAMAVAT; SAMAVAT, 2014).

Tal processo é muito observado na cultura do tomateiro, especialmente quando se tem um cultivo em substratos que são misturados com os derivados húmicos e os compostos orgânicos. Substâncias húmicas contam com estruturas que são estabilizadas através de forças mais fracas como é o caso das ligações de van Der Waals, com isso, podem ser quebradas de maneira mais fácil quando se encontram na presença dos ácidos orgânicos (SUH *et al.*, 2015).

A ruptura da estrutura tende a culminar no aparecimento das chamadas subunidades que são bioativas dotadas de atividade da auxina, responsáveis pela sensibilização dos receptores do citoplasma ou das membranas plasmáticas. Promovendo o desencadeamento de respostas típicas de ação do hormônio vegetal. Com os ácidos fúlvicos e húmicos promovem a alteração da arquitetura da raiz do tomateiro, sendo que se relacionam diretamente com a síntese da auxina (ATHERTON; RUDICH, 2013).

Trevisan *et al.* (2020) apontam que o uso das substâncias húmicas tende a favorecer o estímulo de receptores de auxina, além da transcrição no chamado gene responsivo de auxina. Pode-se destacar que tal comportamento também é observado nos tomateiros, especialmente a ativação de transcrição nos promotores que são responsivos ao evento de síntese de auxina.

Por meio da síntese da auxina consegue-se fomentar o desenvolvimento de raiz, além de propiciar o surgimento das raízes laterais, componentes essenciais para a absorção dos nutrientes e da água. Através do estímulo empregado no processo de modificação na arquitetura radicular, principalmente das raízes laterais é possível estimular a produção do óxido nítrico depois de aplicar o ácido húmico (ATHERTON; RUDICH, 2013).

Aponta-se que o óxido nítrico é o agente responsável por fomentar a atividade da adenosina trifosfato-difosfato hidrolase, bem como a síntese da auxina. Além disso, a atividade e a síntese da adenosina trifosfato-difosfato hidrolase é devidamente estimulada pela auxina. Com a atividade tem-se a acidificação do apoplasto, algo que contribui para promover o

afrouxamento de paredes celulares, estimulando o crescimento da raiz (ZANDONADI *et al.*, 2010). O processo descrito anteriormente pode ser observado na figura 4.

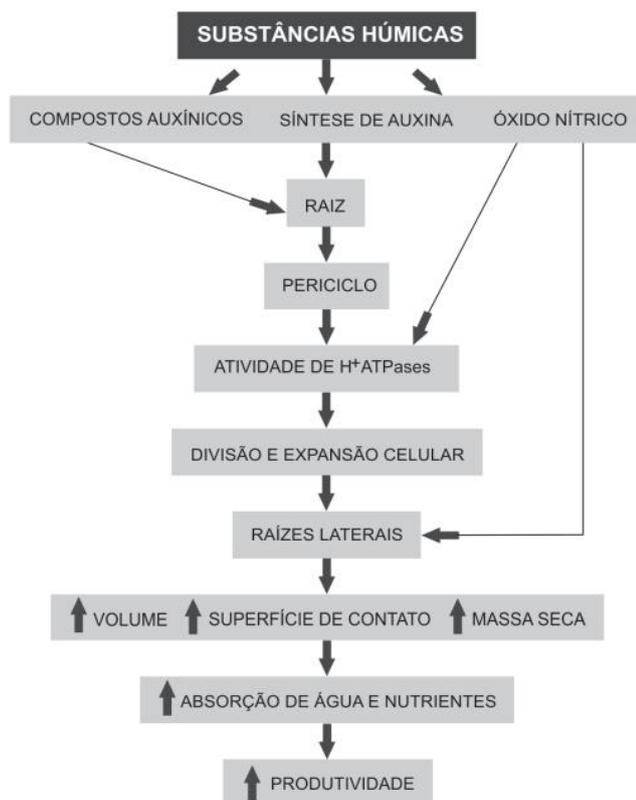


Figura 4: Desenvolvimento das raízes laterais com a aplicação de substâncias húmicas. Fonte: Adaptado de ZAMDONADI *et al.* (2010).

Com os ácidos húmicos e fúlvicos é possível, ainda, obter incremento na biomassa da região aérea pelo processo de ativação da chamada adenosina-trifosfatases que promove o bombeamento dos prótons existentes na membrana celular. Diante disso, tem-se uma troca de íons mais elevada, culminando em níveis de absorção de nutrientes mais elevados como é o caso do nitrato que favorece o desenvolvimento vegetativo (CANELLAS *et al.*, 2015).

No entanto, mesmo com os benefícios observados com o uso de ácidos fúlvicos e húmicos na cultura do tomateiro e, conseqüentemente, no seu sistema radicular, deve-se estar atento à dosagem. A determinação da quantidade adequada desses produtos precisa se dar através de ensaios, somente assim é que se garante a efetividade do sistema (ATHERTON; RUDICH, 2013).

FERTILIZANTES ORGANOMINERAIS NA CULTURA DO TOMATE

Os fertilizantes do tipo organominerais consistem em produtos responsáveis por promover a combinação de um material orgânico e um componente mineral. Para que se classifique um fertilizante como organomineral é necessário que haja concentrações de carbono orgânico, micronutrientes ou nutrientes (primários e secundários) mínimas, algo que varia de acordo com a legislação do país (RADY, 2012).

O uso desse produto tem se popularizado por vários motivos, sendo os principais deles a escassez da matéria-prima empregada na obtenção dos fertilizantes químicos, além do aumento da preocupação/conscientização ambiental. Desse modo, tem-se um produto menos nocivo ao meio ambiente que propicia a realização de atividades agrícolas mais sustentáveis e com níveis de dependência de produtos industrializados reduzidos (NGO *et al.*, 2022).

Os eventos supracitados têm feito com que vários fertilizantes do tipo organomineral sejam lançados no mercado, ocorrendo por meio do reuso dos resíduos agrícolas, industriais e urbanos. Aponta-se que cultivar tomates com adubos organominerais favorece a obtenção de resultados melhores em comparação com as culturas desenvolvidas de modo exclusivo com adubos minerais ou orgânicos (VITALE *et al.*, 2017).

O evento descrito anteriormente acontece, pois, a falta de um dado nutriente básico para a planta, um dos tipos dos fertilizantes é devidamente suprida por causa da combinação das propriedades e características de ambos os produtos. Desse modo, pode haver na composição níveis elevados do nutriente, algo que não seria possível se utilizasse somente um único produto de forma isolada (PERES *et al.*, 2020).

É possível aplicar por completo os fertilizantes organominerais no solo, algo que não ocorre com os químicos, uma vez que no primeiro caso os nutrientes encontra-se na forma mineral e orgânica. Para exemplificar isso, pode-se mencionar o caso do nitrogênio, no caso mineral, este é assimilado imediatamente pelas raízes, enquanto na forma orgânica, tem-se sua absorção quando o N mineral já foi devidamente absorvido ou lavado pela irrigação ou pela água da chuva (ROCHA *et al.*, 2020).

Portanto, na cultura do tomate, o uso dos fertilizantes organominerais promove a diminuição dos custos elevados com a adubação, uma vez que fornece de forma simultânea a matéria orgânica e os nutrientes minerais. Desse modo, passa-se a ter uma nutrição balanceada, algo que otimiza o equilíbrio enzimático da cultura, favorecendo a otimização do desempenho quando se trata da produção dos frutos e do acúmulo da fitomassa. Evidencia-se que os compostos organominerais constituem a classe dos ativantes biológicos, dos agentes

umectantes, dos condicionadores, das fontes de nutrientes minerais dotadas de concentração e reguladores/estimulantes do crescimento (AYENI; EZEH, 2017).

Caixeta *et al.* (2016) citam que o uso de fertilizante organomineral tende a culminar no aumento da produtividade da cultura do tomateiro. Além disso, tal produto propicia a fertilidade do solo no que tange à quantidade e qualidade de matéria orgânica e de nutrientes. A variação de dosagens distintas impacta outros fatores como os frutos e a quantidade de folhas, requerendo um estudo mais aprofundado para determinar qual a quantidade mais adequada do produto para ser utilizado.

Almeida *et al.* (2017) afirmam que a irrigação por gotejamento e a adubação organomineral impactam de forma positiva a produtividade e o desenvolvimento do tomateiro industrial. Desse modo, consegue-se obter plantas com diâmetro de caule e altura mais elevadas, além de favorecer o surgimento de ramos laterais. Além disso, o uso dos fertilizantes do tipo organomineral tendem a fazer com que se tenha uma quantidade de frutos por planta e um diâmetro médio longitudinal mais elevado em comparação com a adubação utilizando produtos minerais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M. J. de. Reposição deficitária de água e adubação com organomineral no crescimento e produção de tomateiro industrial. **Irriga**, v. 24, n. 1, 2019.
- ARAH, Isaac. Kojo *et al.* An Overview of Post-Harvest Losses in Tomato Production in Africa: Causes and Possible Prevention Strategies. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, v. 5, n. 16, 2015.
- ATHERTON, J.; RUDICH, J. **The Tomato Crop: A Scientific Basis for Improvement**. New York: Springer, 2013.
- AYENI, L. S.; EZEH, O. S. Comparative Effect of NPK 20:10:10, Organic and Organo-mineral Fertilizers on Soil Chemical Properties, Nutrient Uptake and Yield of Tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Applied Tropical Agriculture**, v. 22, n. 1, 2017.
- BENETTI, Rafael *et al.* Densidade de plantio e substâncias húmicas no cultivo do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.). **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 1, 2018.
- BORBA, M. E. A *et al.* Gas exchanges and water use efficiency in the selection of tomato genotypes tolerant to water stress. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 2, 2017.
- CAIXETA, L. S. Resposta de diferentes genótipos de tomateiro micro-Tom à adubação com fertilizante organomineral. In: JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA HORTALIÇAS, 6., 2016, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2016.
- CANELLAS, LUCIANO PAQUALOTTO *et al.* Bioatividade de substâncias húmicas: ação sobre desenvolvimento e metabolismo das plantas. In: CANELLAS, L.P. e SANTOS, G.A. (Ed.). **Humosfera**: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes: CCTA, UENF, 2005. p. 224-243.
- CANELLAS, LUCIANO PAQUALOTTO *et al.* Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, 2015.
- CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, LEONARDO S. Produção de tomate para processamento industrial. **CEP**, v. 70, p. 970, 2012.
- FERREIRA, Magna Maria M. *et al.* Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, 2016.
- FRANCA, Fernando Cassimiro Tinocco *et al.* Adubos orgânicos no cultivo e nutrição mineral de tomateiro. **Ambiência Guarapuava**, v. 13, n. 1, 2017.
- HUSEIN, M. E. *et al.* Effect of humic, fulvic acid and calcium foliar application on growth and yield of tomato plants. **International Journal of Biosciences**, v. 7, n. 1, 2015.
- LIANG, Long *et al.* Nitrogen footprint and nitrogen use efficiency of greenhouse tomato production in North China. **Journal of Cleaner Production**, v. 208, n. 20, 2019.
- MALET, J. B. **O império do ouro vermelho**: A história secreta de uma mercadoria universal. 1. Ed. São Paulo: Vestígio, 2019.

- MARSCHNER, HORST. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3ed. San Diego: Elsevier. 2012. 651p.
- MELO, Nilvan Carvalho. Cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) hidropônico sob diferentes níveis de fósforo e potássio em solução nutritiva. **Agroecossistemas**, v. 6, n. 1, 2014.
- MODOLON, Tatiane A. *et al.* Qualidade pós-colheita de frutos de tomateiro submetidos a preparados em altas diluições. **Horticultura Brasileira**, v. 30, 2012.
- NEVES, Edinelson Jose Maciel. Biomassa e acúmulo de nutrientes nos diferentes compartimentos de *Ceiba petandra* (L.) Gaertn e *Virola surinamensis* (ROL.) Warb plantadas na Amazônia Ocidental Brasileira. 189f. Curitiba, Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1999.
- NGO, Hue T. T. *et al.* Development of an organomineral fertiliser formulation that improves tomato growth and sustains arbuscular mycorrhizal colonisation. **Science of The Total Environment**, v. 815, 2022.
- OCHILO, Willis N. *et al.* Characteristics and production constraints of smallholder tomato production in Kenya. **Scientific African**, v. 2, 2019.
- PERES, Liliane Aparecida Cardoso *et al.* Produtividade do tomate industrial submetido a adubação organomineral em cobertura. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, 2020.
- RADY, M. M. A novel organo-mineral fertilizer can mitigate salinity stress effects for tomato production on reclaimed saline soil. **South African Journal of Botany**, v. 81, 2012.7
- ROCHA, Mariella Camargo *et al.* Agronomic performance of corn on the cob grown on residual organomineral fertilization used in industrial tomato crop. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 19, 2020.
- RODRIGUES, Ana Janaína Oliveira *et al.* A. Efeito da adubação silicatada no cultivo de tomateiro sob estresse salino. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 2, 2018.
- SAMAVAT, S.; SAMAVAT, S. The effects of fulvic acid and sugar cane molasses on yield and qualities of tomato. **International Research Journal of Applied and Basic Sciences**, v. 8, n. 3, 2014.
- SINGH, Hira *et al.* Tomato Grafting: A Global Perspective. **American Society for Horticultural Science**, v. 52, n. 10, 2017.
- SUH, Hue Young *et al.* Effect of foliar application of fulvic acid on plant growth and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 55, 2015.
- SUHL, Johanna *et al.* Advanced aquaponics: Evaluation of intensive tomato production in aquaponics vs. conventional hydroponic. **Agricultural Water Management**, v. 178, 2016.
- TREVISAN, S. *et al.* Humic substances induce lateral root formation and expression of the early auxin-responsive IAA 19 gene and DR5 synthetic element in Arabidopsis. **Plant Biology**, v. 2, 2020.

TRINGOVSKA, Ivanka *et al.* Effect of companion plants on tomato greenhouse production. **Scientia Horticulturae**, v. 186, n. 21, 2015.

VALMORBIDA, Janice *et al.* Métodos de manejo e plantas de cobertura do solo para o cultivo do tomateiro tutorado. **Agropecuária Catarinens**, v. 33, n. 2, 2020.

VIEIRA, Renato Dusmon *et al.* Sistema de plantio direto em hortaliças: O caso do tomateiro industrial em Goiás. **Scientific Electronic Archives**, v. 15, n. 4, 2022.

VITALE, Luca *et al.* Fertilizer type influences tomato yield and soil N₂O emissions. **Plant Soil Environment**, n. 63, 2017.

WAKO, F. L.; MULETA, H. D. The role of vermicompost application for tomato production: a review. **Journal of Plant Nutrition**, v. 7, 2022.

ZANDONADI, Daniel B. *et al.* Nitric oxide mediates humic acids induced root development and plasma membrane H⁺-ATPase activation. **Planta**, v. 231, n. 5, 2010.

CAPÍTULO I

Adubação Mineral e organomineral no cultivo de tomateiro industrial com e sem ácido húmico e fúlvicos.

Fabricia Alves Bueno de Oliveira¹

RESUMO

O objetivo do trabalho foi verificar a eficiência da adubação mineral e organomineral adicionado de ácido húmico e fúlvico, no cultivo do tomateiro industrial. Os tratamentos consistiram em três tipos de formulações no transplante: T1 - formulação de fertilizante mineral contendo KCl; T2 – formulação de fertilizante mineral com fosfato monoamônico (MAP); T3 – formulação com fertilizante organomineral contendo sulfato de potássio (K₂SO₄); dois manejos de substâncias húmicas no solo (com e sem ácidos húmicos e fúlvicos). O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial de 3 x 2 com cinco repetições, totalizando 30 parcelas. Foram avaliadas a Taxa fotossintética (TF), Condutância estomática (CE), Taxa respiratória (TR), relação interna e externa de CO₂ (Ci/Ca) e o transporte de elétrons (TE) como características fisiológicas, a produção e as características físico-químicas dos frutos, e os teores de nutrientes foliares, como potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn). Os resultados mostram que a formulação com organomineral contendo K₂SO₄ teve as maiores médias para a CE e TR. E, ainda maior produção de frutos e média semelhante aos minerais KCl e MAP para as características físico-químicas dos frutos. Em relação aos teores nutricionais foliar, o Cu obteve 9,17 mg kg⁻¹ no mineral MAP. Para o Mn, a adição de ácidos orgânicos teve a menor média 47,12 mg kg⁻¹. Para o Mg e Zn, o organomineral se sobressaiu nas médias obtidas, na ausência de ácidos húmicos e fúlvicos, em relação ao KCl e MAP. Na ausência de ácidos húmicos e fúlvicos, a formulação com o organomineral contendo K₂SO₄ é a melhor alternativa para a adubação de base de tomateiro industrial.

Palavras-chave: Fertilizantes minerais, manejo, *Solanum lycopersicum* L.

Mineral and organomineral fertilization in the industrial tomato plants cultivation with and without humic acid and fulvic.

ABSTRACT

This work aimed to verify the mineral and organomineral fertilization efficiency added with humic and fulvic acid as an alternative management in the industrial tomatoes cultivation. Treatments consisted of three types of formulations at transplanting: T1 - mineral fertilizer + KCl formulation; T2 – MAP + mineral fertilizer formulation; T3 – organomineral fertilizer + K₂SO₄ formulation; two managements of humic substances in the soil (with and without humic and fulvic acids). The design was randomized blocks in a factorial scheme of 3 x 2 with five replications, totaling 30 plots. The photosynthetic rate (PR), stomatal conductance (SC), respiratory rate (RR), internal and external CO₂ ratio (Ci/Ca), and electron transport (ET) were evaluated as physiological characteristics, production and physical-chemical characteristics of the fruits, and the foliar contents nutrients, such as potassium (K), phosphorus (P), calcium (Ca), magnesium (Mg), copper (Cu), iron (Fe), zinc (Zn) and manganese (Mn). The results demonstrate that the formulation with organomineral+ K₂SO₄ had the highest means for SC e

RR. And even greater fruit production and average like KCl and MAP minerals for the physical-chemical characteristics of the fruits. Regarding leaf nutritional contents, Cu obtained 9.17 mg kg⁻¹ in MAP mineral. For Mn, the organic acids addition had the lowest average of 47.12 mg kg⁻¹. For Mg and Zn, the organomineral stood out in the means obtained, in the absence of humic and fulvic acids, in relation to KCl and MAP. In the absence of humic and fulvic acids, the organomineral-containing K₂SO₄ formulation is the best alternative for industrial tomato base fertilization.

Keywords: Mineral fertilizers, management, *Solanum lycopersicum* L.

1.1 INTRODUÇÃO

A cultura do tomateiro industrial exige tratos culturais intensivos, tornando difícil sua condução em campo, além disso, na adubação são utilizados fertilizantes químicos de alta solubilidade, como o cloreto de potássio, o fosfato monoamônico e a ureia, que degradam a matéria orgânica, e em excesso podem causar desequilíbrio no pH do solo, induzindo deficiência nutricional de alguns elementos, como Ca⁺² e Mg⁺², afetando a produtividade da planta (MOTA *et al.*, 2019; CHÁVEZ *et al.*, 2019).

O manejo da agricultura atual, independente da cultura agrícola conduzida, tem equacionado cada vez mais os critérios de redução da aplicação de insumos, principalmente, os fertilizantes químicos, que são dispendiosos e se manejados de forma inadequada, a longo prazo, causam impactos negativos ao solo. Nesta perspectiva em reduzir a utilização dos insumos químicos, destaca-se a valorização do aumento da matéria orgânica ao solo, a qual é constituída, a partir da decomposição de material vegetal e animal, que libera substâncias húmicas ao solo melhorando a sua qualidade (ZANDONADI *et al.*, 2014; CARON *et al.*, 2015).

Notavelmente, alternativas de cultivo, por meio do manejo da matéria orgânica, podem ser adotadas para possibilitar uma agricultura mais sustentável e eficiente na produtividade das culturas agrícolas. Diante disso, destaca-se a utilização de substâncias húmicas, que são compostos constituídos de ácidos húmicos, fúlvicos, himatomelânicos e huminas, as quais podem atuar como condicionadores do solo, insumos alternativos para o manejo de diversas culturas, bem como promover alta troca catiônica e atuar no metabolismo e crescimento das plantas (CALVO *et al.*, 2014; CANELLAS *et al.*, 2015).

As melhorias das substâncias húmicas na parte química do solo é em função da atuação como agentes complexantes, favorecendo a redução de íons metálicos na solução do solo, contribuindo na biodisponibilidade de nutrientes como Zn, Cu e Mn, além disso, promovem o

incremento do fósforo solúvel por meio da complexação de Fe^{+2} e Al^{+3} em solos ácidos e do Ca^{+2} em solos alcalinos, e redução das perdas de NO_3^- e do consumo de OH^- pelo H^+ , produzindo grupos orgânicos com cargas negativas com alta afinidade pelo NH_4^+ , reduzindo a sua movimentação no solo (CARON *et al.*, 2015; CANELLAS *et al.*, 2019; PYLAK *et al.* 2019).

Aliado ao manejo das substâncias húmicas deve-se estar atento ao suprimento nutricional das culturas, destaca-se a utilização de fertilizantes com disponibilidade mais lenta no solo, como os organominerais, assim, os nutrientes permanecem mais tempo disponíveis na solução do solo para serem aproveitados pelas raízes das plantas. Desta maneira, o uso de fertilizante organomineral como fonte de nutrientes e condicionadores do solo, tem sido alvo de estudo e alternativa viável na preservação da qualidade ambiental (ALMEIDA *et al.*, 2019).

A adubação organomineral é uma técnica de fertilização que combina o uso de fertilizantes orgânicos e minerais para fornecer nutrientes essenciais às plantas. Estes fertilizantes, quando adicionados ao solo, nas quantidades corretas, devem promover melhorias químicas e/ou físicas e/ou biológicas e aumentar a produtividade e qualidade da colheita (ZONTA *et al.*, 2021). Neste caso, sendo uma alternativa viável de cultivo para o tomateiro industrial.

Nessa perspectiva, a utilização dos ácidos húmicos e fúlvicos, que naturalmente resultam na decomposição da matéria orgânica, e o uso de fertilizantes organominerais, que proporcionam manejo mais sustentável do solo, promovem a sustentabilidade a curto, médio e longo prazo na preservação dos recursos naturais. No entanto, há necessidade de maior conhecimento real da funcionalidade destes componentes para certas espécies de interesse econômico, principalmente, neste caso, o tomateiro industrial (CARON *et al.*, 2015).

Diante do exposto, surge a hipótese de se avaliar a resposta, positiva ou não, do tomateiro industrial na interação entre a fertilização com adubos minerais; organominerais e os ácidos húmicos e fúlvicos adicionados como manejo ao solo.

Assim, o objetivo do trabalho foi verificar a eficiência da adubação mineral e organomineral adicionado de ácido húmico e fúlvico, no cultivo do tomateiro industrial.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Morrinhos, localizado na BR-153 Km 633. As coordenadas geográficas do

local são 17°48'45" Sul, 49°12'14" Oeste e 910 m de altitude. O estado do Goiás possui clima classificado segundo Koppen (1982) como CWA e AW, com inverno seco e verão chuvoso. As condições hídricas adequadas para o tomateiro são de 300 a 600 mm durante o seu ciclo, assim o cultivo foi realizado de maio a agosto de 2021 e irrigado via pivô central.

O cultivar de tomate utilizado foi a híbrido Heinz 9553, desenvolvido pela companhia *Heins Seed*, de crescimento determinado para frutos destinados ao processamento industrial, com ciclo de 110 a 130 dias para a maturação dos frutos. É um híbrido que apresenta tolerância a mancha bacteriana, gênero *Xanthomonas*, e é resistente a *Verticillium* raça 1, a *Fusarium* raça 1 e 2, a nematoides, e a *Stemphyllium* spp (PONTES *et al.*, 2012).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com os tratamentos dispostos em esquema fatorial 3 x 2, sendo testados três tipos de formulações no transplântio: T1 - fertilizante mineral contendo KCl sem ácidos húmicos e fúlvicos; T2 – fertilizante mineral com fosfato monoamônico (MAP) sem ácidos húmicos e fúlvicos; T3 – fertilizante organomineral contendo sulfato de potássio (K₂SO₄) sem ácidos húmicos e fúlvicos; T4 - fertilizante mineral contendo KCl com ácidos húmicos e fúlvicos; T5 – fertilizante mineral contendo fosfato monoamônico (MAP) com ácidos húmicos e fúlvicos; T6 – fertilizante organomineral contendo sulfato de potássio (K₂SO₄) com ácidos húmicos e fúlvicos; com cinco repetições, totalizando 30 parcelas, compondo a unidade experimental. Em relação a quantidade de nutriente aplicado de cada tratamento está configurado na tabela 2, na qual está a relação de adubação de transplântio com adubação de base para a cultura do tomateiro.

O solo foi amostrado na profundidade de 0 a 20 cm para a determinação das características químicas e físicas (TABELA 1). As parcelas tiveram suas dimensões de 5,0 m comprimento x 6,0 m largura. O plantio foi feito em linhas duplas com espaço entre uma linha dupla e a outra de 1,20 m. O espaçamento entre as linhas simples foi de 0,60 m e entre plantas na linha foi de 0,33 m. A população de plantas foi de 33.333 por hectares. Considerou-se como parcela útil apenas a linha dupla central de 2,0 m x 3,0 m, ou seja, uma área de 5,4 m². As mudas foram transplantadas manualmente.

Para as substâncias húmicas foram utilizadas a dose de 0,5 L ha⁻¹ para o ácido fúlvicos e 2,0 L ha⁻¹ para o húmico. Foram feitas quatro aplicações destes nas doses mencionadas com volume de calda de 200 L ha⁻¹. A primeira aplicação foi direcionada sobre o sulco após o transplântio. As demais aplicações aos 15, 30 e 45 dias após transplântio (DAT) foram realizadas em cada parcela por meio de pulverizações foliares manuais utilizando regador de 5L.

No pré-transplântio não foram realizadas a correção do solo, pois o nível de saturação de base próximo de 67% estava satisfatório para a cultura do tomateiro industrial. As adubações de transplântio conforme a tabela 2, foram feitas as aplicações a lanço em cada tratamento para o cultivo do tomateiro industrial.

Tabela 1: Análise química e física do solo da área experimental de cultivo de tomate industrial. IFGoiano – Morrinhos, 2022.

| Camada (cm) | pH (H ₂ O) | pH CaCl ₂ | S mg dm ⁻³ | P mg dm ⁻³ | K ----- | Ca ----- | Mg ----- | Na ----- | Al ----- | H+Al ----- | |
|--|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|---------|----------|----------|----------|----------|------------|----|
| 0 - 20 | - | 5,4 | 2,8 | 56 | 0,15 | 3,70 | 1,30 | 6,1 | 0,00 | 2,50 | |
| M.O | C.O | SB | t | T | V% | m% | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
| 2,50 | - | 5,15 | - | 7,68 | 67,40 | 0,00 | 0,23 | 3,8 | 25,2 | 12,9 | 80 |
| Granulometria | | | | | | | | | | | |
| ----- g kg ⁻¹ ----- | | | | | | | | | | | |
| Areia | | | | Silte | | | | Argila | | | |
| 350 | | | | 120 | | | | 530 | | | |
| Classificação Textural: Textura Argilosa | | | | | | | | | | | |

Tabela 2: Tratamentos* e suas respectivas quantidades no transplântio do tomateiro industrial com fertilizante mineral (FM) e fertilizante organomineral (FOM) adicionados com ácido húmico e fúlvico. IFGoiano – Morrinhos. 2021.

| Tratamentos* | Ác. húmico fúlvico | Transplântio no sulco (kg ha ⁻¹) | Nutrientes ofertados (kg ha ⁻¹) - transplântio | | | | | |
|--------------|--------------------|--|--|-------------------------------|------------------|-----|-----|-----|
| | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | S | B | Cl |
| T1 | SEM | 1650 04-30-10 | 112 | 495 | 425 | 15 | 8,2 | 311 |
| T2 | SEM | 800 MAP | 145 | 430 | 395 | 40 | 7,6 | 295 |
| T3 | SEM | 1650 04-22-07 K ₂ SO ₄ | 110 | 380 | 365 | 147 | 7,6 | 0 |
| T4 | COM | 1650 04-30-10 | 112 | 495 | 425 | 15 | 8,2 | 311 |
| T5 | COM | 800 MAP | 145 | 430 | 395 | 40 | 7,6 | 295 |
| T6 | COM | 1650 04-22-07 K ₂ SO ₄ | 110 | 380 | 365 | 147 | 7,6 | 0 |

OBS: Tratamentos*: Fertilizantes minerais - KCl [T1]; MAP [T2]; fertilizante organomineral contendo sulfato de potássio (K₂SO₄) [T3]; KCl + Ác. húmico fúlvico [T4]; MAP + Ác. húmico fúlvico [T5]; fertilizante organomineral + Ác. húmico fúlvico [T6].

As adubações de cobertura foram realizadas, com frequência de uma vez por semana, por meio de fertirrigação com regador de 5 litros de água na área de 30 m², ou seja, em cada parcela dos tratamentos até aos 91 DAT.

A adubação contendo KCl (T1) e KCl + Ácido húmico e fúlvico (T4) receberam a mesma adubação até aos 91 DAT. Os tratamentos contendo MAP (T2) e MAP + Ácido húmico e fúlvico (T5); fertilizante organomineral contendo K₂SO₄ (T3) e fertilizante organomineral +

Ácido húmico e fúlvico (T6) também receberam a mesma adubação de cobertura, com exceção aos 63 DAT (TABELA 3).

Os tratamentos culturais como controle fitossanitário e de plantas invasoras foram realizados com produtos recomendados, alternando-se defensivos de princípio ativo e modo de ação diferente de forma preventiva para a cultura. O tomateiro industrial foi irrigado por meio de sistema de irrigação por aspersão via pivô central, com lâmina próxima de 70% da capacidade de água disponível para a cultura.

Tabela 3: Adubação de cobertura, realizada por meio de fertirrigação manual com auxílio de um regador de 5l, em relação ao cultivo de tomateiro industrial com fertilizante mineral e organomineral adicionados de ácidos húmicos e fúlvicos. IFGoiano – Morrinhos. 2021.

| DAT | Tratamen* | Adubação de cobertura – Fertilizantes* | | | | | | | |
|-----|-----------|--|---|-----|-----|--------------------------------|-----------------------------------|------------------|--------------------------------|
| | | Ureia | (NH ₄) ₂ SO ₄ | KCl | MAP | H ₃ BO ₃ | Ca(NO ₃) ₂ | KNO ₃ | K ₂ SO ₄ |
| | | Kg ha ⁻¹ | | | | | | | |
| 28 | T1 | 40 | 40 | - | - | - | - | - | - |
| 56 | T4 | 30 | 30 | 60 | - | - | - | - | - |
| 77 | | - | - | 90 | - | - | - | - | - |
| 7 | | - | - | - | 3 | 5 | - | - | - |
| 14 | | - | 20 | - | 3 | 5 | - | - | - |
| 21 | T2 | - | 80 | - | 3 | 5 | - | - | - |
| 28 | T5 | - | - | - | 3 | 5 | - | - | - |
| 35 | T3 | - | 80 | - | 3 | 5 | 10 | - | - |
| 42 | T6 | - | - | 95 | 3 | 5 | 10 | - | - |
| 49 | | - | - | 95 | 3 | - | 10 | - | - |
| 56 | | - | - | 95 | 3 | 5 | 10 | - | - |
| 63 | T2 | - | - | 95 | 3 | - | 10 | - | - |
| | T5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | T3 | - | - | - | 3 | - | 10 | - | 105 |
| | T6 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 70 | T2 | - | - | - | 3 | 5 | - | 25 | - |
| 77 | T5 | - | - | - | - | - | - | 25 | - |
| 84 | T3 | - | - | - | - | 5 | - | 25 | - |
| 91 | T6 | - | - | - | - | - | - | 25 | - |

OBS: Tratamentos*: Fertilizantes minerais - KCl [T1]; MAP [T2]; fertilizante organomineral contendo sulfato de potássio (K₂SO₄) [T3]; KCl + Ác. húmico fúlvico [T4]; MAP + Ác. húmico fúlvico [T5]; fertilizante organomineral + Ác. húmico fúlvico [T6]. Fertilizantes*: (NH₄)₂SO₄ - Sulfato de amônio; KCl – cloreto de potássio; MAP – Fosfato monoamônico; H₃BO₃ – ácido bórico; Ca(NO₃)₂ – nitrato de cálcio; KNO₃ – nitrato de potássio; K₂SO₄ – sulfato de potássio.

Aos 126 DAT, foram avaliadas a taxa fotossintética ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a taxa respiratória ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a relação carbono interno e externo (C_i/C_a) e a taxa de transporte de elétrons ($\mu\text{molmmol}^{-1}$). As análises dos aspectos fisiológicos foram realizadas em um período entre 08h30 e 11h30 da manhã, em folhas totalmente expandidas e maduras de duas plantas úteis e aleatórias de tomateiro industrial. Por meio do analisador gasoso no infravermelho (IRGA) de sistema aberto (LI- 6800, LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA), equipado com uma câmara de fluorescência integrada a um fluorômetro multiface (MPF) (LI-6800-01, LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA).

Durante as medições, foi utilizada uma densidade constante de fluxo de fótons de 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de luz actínica. A fonte de luz utilizada foi a luz do MPF. A umidade relativa dentro da câmara foi mantida em 50% e a concentração de CO_2 , em 400 $\mu\text{mol mol}^{-1}$. A temperatura do ar dentro da câmara foi monitorada com um sensor 20 termoeletrônico localizado na parte inferior da câmara, mantida em 25 °C. As plantas foram avaliadas quanto à respiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), fotossíntese (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transporte de elétrons ($\mu\text{molmmol}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e quanto à relação entre concentração interna e externa de CO_2 (C_i/C_a).

No período do florescimento, foram analisadas as variáveis nutricionais a partir da amostragem de folhas secas de 10 plantas úteis e aleatórias para determinação dos teores de potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn). As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de análises químicas de solos e folhas, seguindo a recomendação do Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes (DA SILVA, 2009).

Para as análises físico-químicas dos frutos de tomateiro industrial foram avaliadas o potencial hidrogeniônico (pH), o teor de sólidos solúveis totais (SST, °Brix), a acidez titulável (AT), a densidade e a firmeza da polpa.

Para a análise do teor de SST (°Brix), determinou-se a partir do suco de 10 frutos por parcela experimental, extraído por uma centrífuga de frutas. Duas gotas do suco foram colocadas sobre o prisma de um refratômetro digital (Refractometer) e em seguida procedeu a leitura do índice de refração expresso em °Brix (Instituto Adolfo Lutz, 2008). Segundo metodologia proposta por Moretti *et al.* (1998), antes de fazer as leituras das amostras, o refratômetro foi calibrado com água destilada.

A acidez titulável foi determinada pela metodologia oficial, descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) equação 1, por titulometria de neutralização com hidróxido de sódio

(NaOH) 0,1 N até pH 8,2. O suco de 10 frutos, por parcela experimental, foi extraído por uma centrífuga de frutas. Pesou-se em um Becker, 10 g da amostra a ser analisada, adicionando cerca de 50 ml de água destilada e agitando até completa homogeneização. Em seguida, transferiu-se para balão volumétrico de 200 ml, completou o volume com água até o menisco e agitou levemente com a mão. Retira-se uma alíquota de 20 ml da amostra com auxílio de uma pipeta e transferiu para o Erlenmeyer. Adicionou-se à alíquota 5 gotas de fenolftaleína. Procedeu-se a titulação com solução de hidróxido de sódio 0,1 N, até a coloração rósea clara. Anotou-se o volume gasto em mL.

$$ACT = (V.F) / (P.C). 100 \quad (1)$$

Em que: ACT é acidez titulável (% ácido cítrico); V é o volume (mL) de hidróxido de sódio gasto na titulação; F é o fator de correção da solução de hidróxido de sódio (0,1 N de NaOH); P é a massa da amostra em g ou volume pipetado em mL; C é a constante utilizada para NaOH a 0,1 N (valor = 10). Da amostra homogeneizada realizou-se a leitura direta do pH em pHgâmetro digital (PHS – 3E).

A densidade foi determinada por meio do método descrito pela AOAC (1997), em temperatura pré-estabelecida de 30°C, utilizando-se Picnômetros de 25 ml de capacidade previamente calibrados com água destilada na mesma temperatura.

E por fim, determinou-se a firmeza dos frutos pelo método aplanador (CALBO; NERY, 1995) em uma amostra de 10 frutos escolhidos aleatoriamente de cada parcela experimental. O fruto foi colocado sobre a mesa de prova do equipamento e então uma placa de vidro foi repousada sobre a superfície do fruto. A área deformada em forma de uma elipsoide, na parte superior da placa de vidro, foi medida em suas dimensões maiores e menores com 19 paquímetro digital (Digimess). Calculou-se a firmeza dos frutos levando em consideração a área amassada e o peso da placa de vidro.

$$FZ = P/0,784.CM.CME \quad (2)$$

Em que: Fz é a firmeza do fruto (kgf cm⁻²); P é o peso da placa de vidro do aplanador (0,4905 kgf); CM é o comprimento maior da área amassada (cm); CME é o comprimento menor da área amassada (cm) e para converter a firmeza para Newton (N) multiplicou-se a equação.

Foram avaliadas as variáveis dos componentes do rendimento no momento da colheita quando os frutos estavam adequados ao processamento industrial. Foram avaliadas, a partir de 10 frutos, a massa dos frutos comercializáveis, massa dos frutos não comercializáveis, massa dos frutos verdes, produção total por meio de pesagem em balança com capacidade de 100 kg

e precisão de $\pm 0,05$ kg. Foram determinadas as porcentagens dos frutos comercializáveis (A), dos frutos não comercializáveis (B), e dos frutos verdes (C) conforme a equação 3.

$$P_{frutos} (\%) = \frac{Massa \text{ dos frutos (A) ou (B) ou (C)} * 100}{Massa \text{ total dos frutos}} \quad (3)$$

Para a análise estatística utilizou-se a análise de variância ANOVA teste f de fisher a 1, 5 e 10% de significância e quando ocorreu efeito significativo dos tratamentos os dados foram comparados pelo teste de Tukey 5% probabilidade, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos com formulação de adubação apresentaram efeito significativo a 10% probabilidade somente sobre as variáveis analisadas de condutância estomática (CE) e a taxa respiratória (TR). Os tratamentos com adição ácido húmico e fúlvico, bem como a interação formulação x ácido húmico e fúlvico não apresentaram efeito significativo para nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 4).

Tabela 4: Resumo de análise de variância (Teste F) sobre as variáveis Taxa fotossintética (TF, $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Condutância estomática (CE, $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa respiratória (TR, $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), relação interna e externa de CO_2 (Ci/Ca), taxa de transporte de elétrons (TTE, $\mu\text{molmmol}^{-1}$) de plantas de tomateiro industrial cultivadas com diferentes manejos de adubação mineral e organomineral e ácidos orgânicos (húmicos e fúlvicos). IFGoiano – Morrinhos. 2022.

| Fonte de variação | GL | TF | CE | TR | Ci/Ca | TTE |
|-------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Formulação (F) | 2 | 0,221 ^{ns} | 2,906 [#] | 2,927 [#] | 1,565 ^{ns} | 1,803 ^{ns} |
| Ácidos H+F | 1 | 0,437 ^{ns} | 0,000 ^{ns} | 0,033 ^{ns} | 0,050 ^{ns} | 0,514 ^{ns} |
| Fer x Ac | 2 | 0,191 ^{ns} | 0,957 ^{ns} | 0,817 ^{ns} | 1,887 ^{ns} | 1,174 ^{ns} |
| Bloco | 4 | 1,031 ^{ns} | 0,088 ^{ns} | 0,173 ^{ns} | 0,232 ^{ns} | 0,888 ^{ns} |
| CV (%) | | 10,34 | 27,44 | 13,78 | 5,36 | 11,99 |

^{ns} - Não significativo. * (p<0,01); ** (p<0,05); # (p<0,10); CV – Coeficiente de variação.

A adubação com organomineral+K₂SO₄ proporcionou maiores valores de CE (0,70 mol m⁻² s⁻¹) e TR (9,43 mmol m⁻² s⁻¹), respectivamente, embora, estatisticamente não tenha diferido do tratamento mineral MAP. A adubação com organomineral+K₂SO₄ foi superior em relação as variáveis, respectivamente, 1,35 e 1,16 vezes quando comparada a formulação contendo o mineral KCL. Para os ácidos húmicos e fúlvicos, a presença e ausência dessas substâncias, respectivamente, foram semelhantes para essas variáveis (CE - 0,60 mol m⁻² s⁻¹); (TF - 27,02 e 26,35 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Tabela 5).

Tabela 5: Taxa Fotossintética (TF, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); Condutância Estomática (CE, $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); Taxa Respiratória (TR, $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); Ci/Ca e Transporte de Elétrons (TTE, $\mu\text{molmmol}^{-1}$), de plantas de tomateiro industrial cultivadas com diferentes manejos de adubação mineral e organomineral e ácidos orgânicos (húmicos e fúlvicos). IFGoiano – Morrinhos. 2022.

| Fertilizantes | TF | CE | TR | Ci/Ca | TTE |
|--|---------|---------|---------|--------|--------|
| Mineral KCL | 26,28 a | 0,52 b | 8,14 b | 0,75 a | 3,08 a |
| Mineral MAP | 26,68 a | 0,58 ab | 8,63 ab | 0,75 a | 3,04 a |
| Organomineral+K ₂ SO ₄ | 27,10 a | 0,70 a | 9,43 a | 0,78 a | 2,80 a |
| Ác orgânicos | | | | | |
| Sem | 26,35 a | 0,60 a | 8,69 a | 0,76 a | 3,02 a |
| Com | 27,02 a | 0,60 a | 8,77 a | 0,76 a | 2,92 a |

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey. Significativo, *($p < 0,01$); ** ($P < 0,05$); # ($P < 0,10$).

Verifica-se na tabela 5 que por mais que não houvesse diferenças entre as formulações e os ácidos húmicos e fúlvico aplicados, para o manejo da cultura do tomateiro industrial para as variáveis TF; Ci/Ca e TE, por serem variáveis fisiológicas, o ganho de $1 \mu\text{molmmol}^{-1}$ na TF e de $1,04$ na Ci/Ca comparando-se o organomineral + K₂SO₄ e os minerais KCl e MAP, respectivamente, demonstra que a aplicação do organomineral foi mais eficiente na otimização da absorção de elementos, como o K⁺, favorecendo a turgescência das plantas, principalmente quando relacionamos com a condutância estomática, a qual representa a abertura estomática das plantas, sendo satisfatória, principalmente para as plantas adubadas com o organomineral + K₂SO₄.

Apointa-se que a presença de material orgânico na composição da formulação com organomineral + K₂SO₄ influenciou na liberação de potássio trocável (K⁺) na solução do solo, pelo processo de mineralização do material orgânico adicionado ao fertilizante mineral, pois de acordo com a tabela 2, a concentração de K₂O aplicada no solo foi menor em relação as demais formulações, tornando esse tratamento mais eficiente na disponibilização dos nutrientes ao solo. A maior média observada para as variáveis CE e TR, na formulação com organomineral + K₂SO₄, pode ter sido influenciada pela liberação mais lenta do K⁺, pois esse elemento absorvido como cátion K⁺, desempenha papel importantíssimo na regulação do potencial osmótico das células guarda dos estômatos, e está diretamente ligado ao fechamento (100 mM de K^+) e a abertura dos estômatos ($400 \text{ a } 800 \text{ mM de K}^+$), ou seja, na regulação estomática; e também

como ativador enzimático nas plantas, podendo trazer mudanças na resistência estomática favorecendo a regulação da perda de água e controle de absorção de CO₂, sendo necessário a fixação continuada de CO₂ durante a fotossíntese (JONES *et al.*, 2013; PRADO, 2020)

A maior abertura estomática (CE) das plantas de tomateiro industrial foi essencial para contribuir no aumento da taxa de absorção de CO₂ (Ci/Ca) e da taxa fotossintética pela oferta eficiente de nutrientes fornecidos pela formulação com organomineral (Tabela 5), sendo assim, a maior perda de água pela taxa transpiratória é substancial nessas condições, contudo, uma vez suprido a requisição hídrica das plantas de tomateiro industrial, é vantajoso a planta trocar a água por produtos da fotossíntese, essenciais, principalmente, neste caso, no crescimento e produção de frutos de tomate (BRODRIBB e McADAM, 2011; MASCARENHAS *et al.*, 2020).

As formulações de adubação apresentaram efeito significativo ($p > 0,1$) somente sobre o pH da polpa dos frutos. Os tratamentos com adição ácido húmico e fúlvico, bem como a interação formulação x ácido húmico e fúlvico influenciaram significativamente ($p > 0,1$) apenas as FP e DF. As demais variáveis analisadas não foram influenciadas estatisticamente pelos tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6: Resumo de análise de variância (Teste F) sobre as variáveis Firmeza da polpa (FP, %), Densidade (DF), acidez titulável (AT, %), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis totais - SST (°Bx) de frutos de tomateiro industrial, produzidos com diferentes manejos de adubação mineral e organomineral e ácidos orgânicos (húmicos e fúlvicos). IFGoiano – Morrinhos. 2022.

| Fontes de variação | GL | FP | DF | AT | pH | °Bx |
|--------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Formulação (F) | 2 | 2,475 ^{ns} | 0,369 ^{ns} | 2,439 ^{ns} | 4,077 ^{**} | 0,570 ^{ns} |
| Ácidos H+F (Ac) | 1 | 5,983 ^{**} | 3,781 [#] | 1,629 ^{ns} | 0,871 ^{ns} | 0,439 ^{ns} |
| F x Ac | 2 | 4,217 ^{**} | 5,995 [*] | 0,934 ^{ns} | 3,171 [#] | 0,113 ^{ns} |
| Bloco | 4 | 4,856 [*] | 1,824 ^{ns} | 1,564 ^{ns} | 3,049 ^{**} | 0,381 ^{ns} |
| CV (%) | | 9,76 | 2,29 | 7,65 | 2,25 | 7,61 |

^{ns}- Não significativo. * ($p < 0,01$); ** ($P < 0,05$); # ($P < 0,10$); CV – Coeficiente de variação

Em relação ao pH, independentemente da formulação utilizada, a adição ou não de ácidos orgânicos não influenciaram significativamente os valores de pH da polpa dos frutos, exceto quando não se utilizou ácidos orgânicos na formulação MAP que apresentou acidez mais elevada (4,2), em comparação aos demais tratamentos (Tabela 7).

Os valores de firmeza da polpa não variaram em relação as formulações de adubação utilizadas, quando ocorreu a adição de ácido orgânico. Entretanto, quando não utilizou ácido

orgânico a firmeza da polpa dos frutos apresentou maior valor (2,8 N) quando a adubação foi realizada com a formulação Organomineral + K₂SO₄, em comparação às formulações de MAP e KCL. Comparando as formulações de adubação individualmente, em relação ou não a adição de ácido orgânico, não observaram diferenças significativas de firmeza da polpa para nenhuma das formulações, exceto na formulação KCL que sem adição de ácidos orgânicos resultou em polpa de fruta de menor firmeza (Tabela 7)

Analisando a densidade da polpa, comparando as formulações utilizadas, seja com adição ou sem adição de ácido orgânico não observaram diferenças mínimas significativas entre os tratamentos. Entretanto, quando se analisa cada formulação individualmente, em relação a adição de ácidos orgânicos, observa-se que quando se utiliza a formulação KCL sem ácidos orgânicos a densidade dos frutos é reduzida, em comparação quando se usa o ácido húmico e fúlvico. As demais formulações não variaram a densidade dos frutos independentemente da adição ou não dos ácidos orgânicos (Tabela 7).

Tabela 7: Potencial hidrogeniônico (pH), Firmeza da polpa (FP), e Densidade (D) de frutos de tomateiro industrial produzidos com diferentes manejos de adubação e ácidos orgânicos (fúlvicos e húmicos). IFGoiano – Morrinhos. 2022.

| Características avaliadas | Ácido Orgânicos | Adubação | | | Média |
|----------------------------------|-----------------|-------------|-------------|--|-------------|
| | | KCL | MAP | Organomineral K ₂ SO ₄ | |
| pH | Com | 4,36 Aa | 4,36 Aa | 4,38 Aa | 4,36 |
| | Sem | 4,38 Aa | 4,20 Bb | 4,42 Aa | 4,30 |
| | Média | 4,37 | 4,28 | 4,40 | |
| Cv%: 2,25 | | | | | |
| Firmeza da polpa (N) | Com | 2,88 Aa | 2,63 Aa | 2,68 Aa | 2,73 |
| | Sem | 2,35 Bb | 2,34 Ab | 2,80 Aa | 2,50 |
| | Média | 2,62 | 2,49 | 2,74 | |
| Cv%: 9,76 | | | | | |
| Densidade (kg dm ⁻³) | Com | 1,04 Aa | 1,04 Aa | 1,01 Aa | 1,03 |
| | Sem | 0,99 Ba | 1,01 Aa | 1,04 Aa | 1,01 |
| | Média | 1,02 | 1,03 | 1,03 | |
| Cv%: 2,29 | | | | | |

Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey. Significativo, * (p<0,01); ** (P<0,05); # (P<0,10).

Os valores de pH observados por todas as formulações utilizadas como tratamentos para a produção de frutos de tomateiro industrial estão dentro dos níveis ideais para o processamento de frutos industrial, que são de 4,2 a 4,5 (LAPUERTA, 1995). Os valores mínimos encontrados pela formulação MAP, principalmente na ausência de ácidos húmicos e fúlvicos, influencia diretamente na variável SST ($\bar{y} = 3,98$), ou seja, na formação de ácidos orgânicos, além do mais, os valores de acidez podem variar de acordo com as condições climáticas durante a colheita, o tipo de processamento e os estádios de maturação dos frutos. Os valores de pH muito ácido combinados com altos teores de açúcares formam frutos sem gosto, porém se combinados com pH ácidos e baixos teores de açúcares, formam-se frutos mais azedo. Contudo, esses valores de pH alcançados são primordiais para inibir a deterioração de enzimas, impedir a proliferação de bactérias e fungos, e aumentar a conservação dos frutos até o processamento (TERRA, 2019, DA SILVA *et al.*, 2022).

Em questão de maturação dos frutos, os valores de firmeza dos frutos são divergentes e os valores de pH são semelhantes aos de Benetti *et al.* (2018), os autores testaram cinco doses de ácidos húmicos e fúlvicos e duas densidades de plantio, e encontraram valores perto de 53 N por área do fruto para a firmeza e de 4,27, na dose de 80 L ha⁻¹. Na presença de ácidos húmicos e fúlvicos deste trabalho, A liberação de elementos nutricionais pela formulação com mineral KCl foi mais eficiente quando comparado ao organomineral + K₂SO₄, contribuindo para a produção de frutos mais firmes (TERRA, 2019).

As formulações de adubação apresentaram efeito significativo ($p > 0,1$) sobre o MFV, MFC, %PT, %FC e %FV. Os tratamentos com adição ácido húmico e fúlvico, influenciaram significativamente ($p > 0,1$) a MFV, MFNC, %FC e %FV. Enquanto a interação formulações x ácidos orgânicos apresentaram efeito significativo sobre MFV, %FC e %FV As demais variáveis analisadas não foram influenciadas estatisticamente pelos tratamentos (Tabela 8).

Tabela 8: Resumo de análise de variância (Teste F) sobre as variáveis massa do fruto verdes (MFV, t ha⁻¹), massa do fruto não comercializáveis (MFNC, t ha⁻¹), massa do fruto comercializáveis (MFC, t ha⁻¹), produtividade total (t ha⁻¹), porcentagem frutos comercializáveis (%FC), porcentagem frutos não comercializáveis (%FNC), porcentagem frutos verde (%FV) de frutos de tomateiro industrial produzidos com diferentes manejos de adubação e ácidos orgânicos (fúlvicos e húmicos). IFG – Morrinhos. 2022.

| Fonte de variação | GL | MFV | MFNC | MFC | %PT | %FC | %FNC | %FV |
|-------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Formulação | 2 | 5.373** | 1.514 ^{ns} | 7,663* | 10.095* | 5.800** | 1.308 ^{ns} | 4.728** |
| Ácidos H+F | 1 | 3.642 [#] | 3.128 [#] | 0,624 ^{ns} | 2.033 ^{ns} | 8.155* | 1.639 ^{ns} | 3.919 [#] |
| F x Ac | 2 | 3.438 [#] | 0.615 ^{ns} | 0,361 ^{ns} | 0.561 ^{ns} | 5.112** | 0.676 ^{ns} | 4.008** |
| Bloco | 4 | 0.441 ^{ns} | 2.108 ^{ns} | 2,037 ^{ns} | 1.645 ^{ns} | 1.217 ^{ns} | 2.840 [#] | 0.417 ^{ns} |
| CV (%) | | 56.79 | 46.72 | 9,28 | 9.61 | 2.26 | 44.17 | 53.55 |

^{ns}- Não significativo. * (P<0,01); ** (P<0,05); # (P<0,10); CV – Coeficiente de variação

As formulações e a adição ou não de ácidos orgânicos influenciaram de forma individual cada variável analisada de acordo com a Tabela 9. Os valores da massa de frutos comercializáveis (MFC) e da produtividade total (%PT) variaram quando se utilizou a adubação com mineral MAP, tendo-se menores valores de MFC (2,16 t ha⁻¹) e de produtividade (79,13 t ha⁻¹).

Analisando as variáveis massa de frutos não comercializáveis e comercializáveis, individualmente, na presença ou ausência de ácidos húmicos e fúlvicos, observou-se diferenças significativas na massa dos frutos quando estes estavam na presença desses ácidos, MFNC (2,20 t ha⁻¹) e a MFC (4,97 t ha⁻¹) (Tabela 9).

Tabela 9: Média da Massa do fruto não comercializáveis (MFNC), da massa de fruto comercializáveis (MFC), da Produtividade total (PT), da porcentagem frutos não comercializáveis (%FNC) de frutos de tomateiro industrial produzidos com diferentes manejos de adubação e ácidos orgânicos (fúlvicos e húmicos). IFG – Morrinhos. 2022.

| Fertilizantes | MFNC (t ha ⁻¹) | MFC (t ha ⁻¹) | PT (t ha ⁻¹) | %FNC |
|--|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------|
| Mineral KCL | 1,61 a | 88,33 a | 89,94 a | 1,80 a |
| Mineral MAP | 1,83 a | 77,30 b | 79,13 b | 2,28 a |
| Organomineral K ₂ SO ₄ | 2,30 a | 93,67 a | 95,97 a | 2,48 a |
| Média Geral | 1,91 | 84,43 | 88,35 | 2,18 |
| Ácidos orgânicos | | | | |
| Sem | 1,62 b | 84,51 b | 86,13 a | 1,96 a |
| Com | 2,20 a | 88,35 a | 90,55 a | 2,41 a |
| Média Geral | 1,91 | 86,43 | 88,34 | 2,19 |

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey. Significativo, * (p<0,01); ** (P<0,05); # (P<0,10).

A formulação com o mineral MAP obteve a menor média para a produtividade (%PT), para a massa de frutos não comercializáveis e comercializáveis, respectivamente, em relação ao Organomineral+K₂SO₄. Se relacionarmos essas variáveis a disponibilidade do nutriente MAP, por possuir carga positiva, essa propriedade pode implicar em algumas consequências sobre a dinâmica de assimilação de nutrientes pelas raízes, onde temos o estabelecimento de uma interação de antagonismo indesejado com os íons de carga positiva, como o Potássio (K⁺), isto implica dizer que essa relação pode ter favorecido a baixa produção de massa do tomateiro industrial, o que conseqüentemente afeta produtividade dessas plantas (LIANG et al., 2015; PRADO, 2020).

Analisando a porcentagem de frutos verdes (%FV), comparando as formulações utilizadas individualmente, com adição e sem adição de substâncias húmicas verificou-se diferenças de 79,1% para a Formulação mineral MAP e de 12% para a organomineral + K₂SO₄. Todavia, quando as formulações na linha são analisadas, observa-se que quando se utiliza a formulação mineral MAP sem adição de ácidos húmicos e fúlvicos, a porcentagem de fruto verdes é reduzida, quando comparada as demais formulações (tabela 10).

Tabela 10: Massa de fruto verdes (MFV), porcentagem frutos comercializáveis (%FC), porcentagem frutos verde (%FV) de frutos de tomateiro industrial produzidos com diferentes manejos de adubação e ácidos orgânicos (fúlvicos e húmicos). IFG – Morrinhos. 2022.

| Características avaliadas | Ácido Orgânicos | Adubação | | | Média |
|---------------------------|-----------------|--------------|--------------|--|--------------|
| | | KCL | MAP | Organomineral K ₂ SO ₄ | |
| MFV (t ha ⁻¹) | Com | 3,64 Aa | 3,64 Aa | 4,22 Aa | 3,83 |
| | Sem | 0,69 Ab | 0,69 Ab | 5,75 Aa | 2,38 |
| Cv%: 56,79 | Média | 2,17 | 2,17 | 5,00 | |
| %FC | Com | 93,34 Aa | 92,98 Ba | 90,32 Ba | 92,21 |
| | Sem | 92,08 Ab | 97,28 Aa | 93,86 Ab | 93,74 |
| Cv%: 2,26 | Média | 92,71 | 95,13 | 184,18 | |
| %FV | Com | 4,59 Aa | 4,27Aa | 7,22 Aa | 5,36 |
| | Sem | 3,61 Aa | 0,89 Bb | 6,36 Bab | 3,62 |
| Cv%: 53,55 | Média | 4,10 | 2,58 | 6,79 | |

Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey. Significativo, * (p<0,01); ** (P<0,05); # (P<0,10).

Observa-se que a maior %PT (tabela 9), na formulação organomineral+K₂SO₄ sem adição de ácidos orgânicos resultou também em maior MFV e menor %FV (Tabela 10). Dependendo do estado de maturação desses frutos verdes, o tomate, por ser um fruto climatérico, pode sinalizar receptores de etileno, que ativam uma série de enzimas que desempenham papel primordial na maturação dos frutos pós-colheita. Existem receptores de etileno que depende da fosforila, que é produto direto do fósforo (P) (JU e CHANG, 2012), assim, ao manejar a formulação organomineral+K₂SO₄, sem adição de ácidos húmicos e fúlvicos, favorecem a redução da produção de frutos verdes, por meio da eficiência de liberação e absorção de P por essa formulação, favorecem a maturação dos frutos através da produção de etileno, pois a porcentagem de frutos comercializáveis pelo organomineral foi semelhante ao mineral KCl (92,08%) e MAP (97,28%) sem adição de ácidos orgânicos.

Os tratamentos com formulação de adubação mineral, influenciaram significativamente os níveis de Mg, Cu, Zn das folhas das plantas de tomateiro (p>0,1). A utilização de ácidos orgânicos elevou apenas os níveis de Mg e Mn (p>0,1). A interação dos tratamentos de formulação mineral x ácidos orgânicos diferiram estatisticamente (p>0,1) somente para os níveis de Mg e Zn das folhas do tomateiro industrial. As demais variáveis analisadas não tiveram efeito significativo dos tratamentos testados (Tabela 11)

Tabela 11: Resumo de análise de variância (Teste F) sobre o teor nutricional das folhas de potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), Ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn) extraídos das plantas de tomateiro industrial cultivadas com diferentes manejos de adubação mineral e organomineral e ácidos orgânicos (húmicos e fúlvicos), IFGoiano – Morrinhos. 2022.

| Fonte de variação | GL | K | P | Ca | Mg | Cu | Fe | Zn | Mn |
|-------------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Formulação (F) | 2 | 2,323 ^{ns} | 2,279 ^{ns} | 1,785 ^{ns} | 2,783 [#] | 6,682 [*] | 1,352 ^{ns} | 3,284 [#] | 1,106 ^{ns} |
| Ácidos H + F | 1 | 0,867 ^{ns} | 0,012 ^{ns} | 0,913 ^{ns} | 7,995 ^{**} | 0,017 ^{ns} | 0,432 ^{ns} | 2,398 ^{ns} | 3,815 [#] |
| F x Ac | 2 | 0,320 ^{ns} | 0,034 ^{ns} | 0,770 ^{ns} | 4,645 ^{**} | 1,202 ^{ns} | 2,405 ^{ns} | 3,984 ^{**} | 0,076 ^{ns} |
| Bloco | 4 | 4,313 ^{**} | 0,715 ^{ns} | 0,328 ^{ns} | 1,122 ^{ns} | 4,573 [*] | 0,864 ^{ns} | 0,853 ^{ns} | 0,020 ^{ns} |
| CV (%) | | 17,88 | 10,04 | 3,33 | 16,13 | 29,55 | 18,19 | 7,57 | 36,81 |

^{ns} - Não significativo. * (p<0,01); ** (P<0,05); # (P<0,10); CV - Coeficiente de variação.

Em relação aos valores do nutriente Cu, quando comparam as formulações de adubação individualmente, observa-se que o mineral MAP obteve a menor média, resultando em diferenças de 39% e 31% quando comparam com o mineral KCl e o organomineral + K₂SO₄, respectivamente. Em relação a adição ou não de ácidos orgânicos, observou-se diferenças apenas ao teor de Mn extraído das folhas de tomateiro industrial, e sem a adição de ácidos húmicos e fúlvicos obteve 61,36 mg kg⁻¹ (Tabela 12).

Tabela 12: Teor foliar de potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) de plantas de tomateiro industrial cultivadas com diferentes manejos de adubação mineral e organomineral e ácidos orgânicos (húmicos e fúlvicos). IFG – Morrinhos. 2022.

| Fertilizantes | g kg ⁻¹ | | | mg kg ⁻¹ | | |
|---|--------------------|-------------|--------------|---------------------|---------------|--------------|
| | K | P | Ca | Cu | Fe | Mn |
| Mineral KCL | 18,80 a | 3,90 a | 10,33 a | 15,06 a | 281,18 a | 52,16 a |
| Mineral MAP | 22,20 a | 3,86 a | 10,20 a | 9,17 b | 315,68 a | 61,67 a |
| Organomineral K ₂ SO ₄ | 21,50 a | 3,57 a | 10,49 a | 13,27 ab | 282,30 a | 48,89 a |
| Média Geral | 20,83 | 3,78 | 10,33 | 12,5 | 293,05 | 54,24 |
| Ácidos orgânicos | | | | | | |
| Sem | 21,46 a | 3,79 a | 10,28 a | 12,58 a | 299,45 a | 61,36 a |
| Com | 20,20 a | 3,77 a | 10,40 a | 12,41 a | 286,65 a | 47,12 b |
| Média Geral | 20,83 | 3,78 | 10,34 | 12,5 | 293,05 | 54,24 |

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey. Significativo, * (p<0,01); ** (P<0,05); # (P<0,10).

A quantidade exportada dos nutrientes para as folhas entre as formulações com mineral KCl; MAP e com organomineral pode estar relacionada a parte da planta amostrada, que neste caso são as folhas de produção do segundo ou terceiro cacho, isto interfere na amostragem, pois a planta está voltando seus nutrientes aos frutos, além disso, depende também da idade da planta, cultivar, da interação dos ácidos orgânicos no solo (LIMA *et al.*, 2011). A não interação com os ácidos húmicos e fúlvicos não incrementou o real efeito desses ácidos no solo, que por meio da complexação de Fe^{+2} e do A^{+3} , aumentam a disponibilidade de P solúvel (CARON *et al.*, 2015).

Os valores dos teores dos macronutrientes, em média, K ($\bar{y} = 21$) e Ca ($\bar{y} = 10,34$), nas formulações, estão abaixo dos níveis considerados ideais para a cultura do tomateiro. Como foi observado, isto pode estar relacionar ao fator desenvolvimento dos frutos. Para o teor de K, os níveis ideais estão próximos de 30 a 50 $g\ kg^{-1}$ e para o Ca perto de 13 a 38 $g\ kg^{-1}$ (SILVA *et al.*, 2001; FONTES *et al.*, 2004). Já o P ($\bar{y} = 3,78$), o Cu ($\bar{y} = 12,5$), o Fe ($\bar{y} = 293,0$) e o Mn ($\bar{y} = 54,24$) permaneceram dentro dos níveis considerados ideais, P em torno de 2,5 a 8 $g\ kg^{-1}$, Cu em média de 5 a 15 $mg\ kg^{-1}$, Fe por volta de 100 a 300 $mg\ kg^{-1}$ e Mn perto de 50 a 250 $mg\ kg^{-1}$ (MALAVOLTA *et al.* 1997; SILVA e GIORDANO, 2000).

Analisando os valores dos nutrientes magnésio (Mg) em relação as formulações utilizadas individualmente, com e sem adição de ácidos orgânicos conforme a tabela 13, observa-se que o teor de Mg na folha (5,62 $g\ kg^{-1}$) na formulação organomineral + K_2SO_4 foi mais responsiva na ausência de ácidos orgânicos. Entre as formulações, verifica-se que houve diferenças mínimas para a formulação organomineral + K_2SO_4 com a adição de ácidos húmicos e fúlvicos, em comparação as demais formulações de adubação. Contudo, quando não foram adicionados os ácidos orgânicos, a formulação organomineral, obteve diferença de 26% quando comparada aos demais tratamentos.

Os valores de zinco (Zn) na folha tiveram diferenças mínimas em relação as formulações de adubação utilizadas, quando ocorreu a adição de ácido orgânico. Contudo, sem a adição das substâncias húmicas, o teor de Zn apresentou maior valor (66,5 $mg\ kg^{-1}$) quando a adubação foi realizada com a formulação organomineral + K_2SO_4 . Comparando as formulações individualmente, em relação a adição ou não de ácidos orgânicos, observou-se diferenças significativas entre os tratamentos, resultando em 13,4% de aumento no teor de Zn na folha quando as plantas são manejadas com o organomineral + K_2SO_4 na ausência de ácidos orgânicos (Tabela 13).

Tabela 13: Teor foliar de magnésio (Mg) e zinco (Zn) de plantas de tomateiro industrial cultivadas com diferentes manejos de adubação mineral e organomineral e ácidos orgânicos (húmicos e fúlvicos). IFG – Morrinhos. 2022.

| Características avaliadas | Ácido Orgânicos | Adubação | | | Média |
|---------------------------|-----------------|--------------|--------------|--|-------------|
| | | KCL | MAP | Organomineral K ₂ SO ₄ | |
| Mg | Com | 3,93 Aa | 4,07 Aa | 3,81 Ba | 3,94 |
| | Sem | 4,18 Ab | 4,17 Ab | 5,62 Aa | 4,65 |
| Cv%: 16,13 | Média | 4,00 | 4,12 | 4,72 | |
| Zn | Com | 56,92 Aa | 63,42 Aa | 57,58 Ba | 59,3 |
| | Sem | 60,98 Aab | 58,22 Ab | 66,50 Aa | 61,9 |
| Cv%: 7,57 | Média | 58,95 | 60,82 | 62,04 | |

Médias seguidas por letras diferentes, maiúscula na coluna e minúscula na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey. Significativo, * (p<0,01); ** (p<0,05); # (p<0,10).

O aumento do teor foliar de Mg e Zn na formulação com mineral MAP, na presença de ácido húmicos e fúlvicos mostram a melhoria que substâncias húmicas e fúlvicas promovem na agregação do solo quando há a interação dessas substâncias com um mineral de alta solubilidade, tornando a disponibilização de nutrientes mais eficiente, pela maior capacidade de retenção desses elementos pela formação de cargas negativas nos complexos das argilas e aumento da CTC (GONZÁLEZ *et al.*, 2010). Contudo, na ausência desses ácidos orgânicos, a formulação com organomineral + K₂SO₄ sobressaiu nas disponibilidades tanto de Mg quanto de Zn, enfatizando que a adição de ácidos húmicos e fúlvicos pode interferir no complexo de liberação e absorção de nutrientes neste fertilizante, assim, a presença de matéria orgânica nesses fertilizantes já tem o papel primordial das substâncias húmicas, visto que já estão presentes na composição dos organominerais (CHÁVEZ, 2019).

A maior disponibilidade de Mg e Zn pela formulação com organomineral+K₂SO₄ na ausência de ácidos húmicos e fúlvicos (Tabela 14), comprova a alta eficiência desses fertilizantes no incremento da matéria orgânica ao solo, no aumento da disponibilidade de fósforo ou equivalência aos minerais que estão disponíveis no mercado com os testados no estudo, KCl e MAP (Tabela 13), e por mais que não foi analisado neste estudo, o nitrogênio disponível é afetado positivamente pela fertilização com organomineral de forma geral, pois a

matéria orgânica presente no material, promove redução da atividade de enzimas no solo e reduz a perda de nitrogênio pela dinâmica de comportamento do NH_4^+ (ALMEIDA *et al.*, 2019).

Salienta-se que na presença de ácidos húmicos e fúlvicos, a matéria orgânica presente no organomineral, somando-se as substâncias orgânicas, constituem alto teor de matéria orgânica no solo, assim, podem fixar o Mg, no entanto, fixam principalmente o Zn, ou a microbiota pode imobilizá-lo temporariamente, provocando reduções ou até deficiência desse elemento no solo (PRADO, 2020). Enfatiza-se que a formulação com organomineral+ K_2SO_4 é mais eficaz na ausência de ácidos orgânicos no solo, proporcionando quantidade elevadas de macronutriente, como o K, Ca e Mg por exemplo (Tabela 13 e 14). E, em menor quantidade a de micronutrientes, contudo, em níveis suficientes que não afetem o crescimento das plantas (Tabela 13).

1.4 CONCLUSÃO

1. Na ausência de ácidos húmicos e fúlvicos, a formulação com organomineral+ K_2SO_4 é a melhor alternativa de manejo de produção para a cultura de tomateiro industrial em relação as formulações minerais KCl e MAP.
2. Uso de KCl e MAP, com ácidos húmicos e fúlvicos melhora a eficiência da absorção de nutrientes pelas as plantas.
3. A fertilização das plantas de tomateiro industrial precisa de mais estudos em relação as doses repostas de ácidos húmicos e fúlvicos.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Marcelo Jose de *et al.* Reposição deficitária de água e adubação com organomineral no crescimento e produção de tomateiro industrial. **Irriga**, v. 24, n. 1, 2019.
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**: edited Ig W. Horwitz 16^a ed. Washington, v.2, 1997. 850p.
- BENETTI, Rafael *et al.* Densidade de plantio e substâncias húmicas no cultivo do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.). **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 1, 2018.
- BONA, Elisa *et al.* Combined bacterial and mycorrhizal inocula improve tomato quality at reduced fertilization. **Scientia Horticulturae**, v. 234, p. 160-165, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.026>
- BRODRIBB, T. J., McADAM, S. A. M. Passive origins of stomatal control in vascular plants. **Science**, v.331, p.582–585, 2011.
- CALBO, A. G.; NERY, A. A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, v. 13, n.1, p. 14-18, 1995.
- CALVO, Pamela *et al.* Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, v.383, p.3–41, 2014. DOI: 10.1007/s11104-014-2131-8.
- CANELLAS, Luciano Paqualotto *et al.* Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, 2015.
- CANELLAS, Luciano P. *et al.* Humic acids increase the maize seedlings exudation yield. **Chem. Biol. Technol. Agric.** V.6, n.3, p.1–14, 2019. Doi: 10.1186/s40538-018-0139-137
- CARON, Vanessa Cristina *et al.* Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos. Piracicaba: ESALQ – Divisão de Biblioteca, 2015 (**Série Produtor Rural, nº 58**), 46p.
- CHÁVEZ, Pavel C. *et al.* Fertilización organomineral en el manejo sostenible de tierras cultivadas con maíz (*Zea mays* L.). **Revista Científica Agroecosistemas**, v.7, n.3, p.116-122, 2019.
- COIMBRA, Karuliny das Graças *et al.* Efeito de produtos alternativos no desempenho agrônômico de tomate rasteiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.9, n.1, p.1508-1513, nov. 2013.
- DA SILVA, Fábio Cesar. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2009. 2^a ed. Cap. 2 - Análise química de tecido vegetal. Pág. 191.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FONTES, Paulo Cezar R. *et al.* Produção e qualidade do tomate produzido em substrato, no campo e em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira** v.22, p.614-619, 2004.

GONZÁLEZ, Mirta *et al.* Influence of organic amendments on soil quality potential indicators in an urban horticultural system. **Bioresource Technology**, New York, p. 101-8897-8901, 2010.

IAL - Instituto Adolfo Lutz. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. 4.ed. 1. ed. Digital: São Paulo, 2008. 1020p.

JONES, R. *et al.* **The molecular life of plants**. American Society of Plant Biologists, Wiley – Blackwell, United Kingdom, 2013, 742 p.

JU, C., CHANG, C. Advances in ethylene signalling: Protein complexes at the endoplasmic reticulum membrane. **AoB Plants** 2012: pls031. Doi: 10.1093/aobpla/pls031.

LAPUERTA, J. C. Anatomia y fisiologia de la planta. In: NUEZ, F. El cultivo do tomate. Barcelona. Mundi-Prensa, p.43-91, 1995.

LIANG, Y. *et al.* Silicon in agriculture: From Theory to Practice. Dordrecht: Springer, v.10, 250p., 2015. Doi: <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9978-2>

MALAVOLTA E; VITTI CG; OLIVEIRA SA. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e Fosfato. 319p, 1997.

MASCARENHAS, Yoná Serpa *et al.* Diagnose por subtração de macronutrientes em mudas de tomate para processamento industrial. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 5, p. 99-112, 2020.

MODOLON, Tatiane A. *et al.* Qualidade pós-colheita de frutos de tomateiro submetidos a preparados em altas diluições. **Horticultura Brasileira**, v. 30, 2012.

MORETTI, Celso L. *et al.* Chemical composition and physical properties of pericarp, locule and placental tissues of tomatoes with internal bruising. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 123, n. 4, p. 656-660, 1998. Doi: <https://doi.org/10.21273/JASHS.123.4.656>

MOTA, Raquel Pinheiro da *et al.* Biosolid and sugarcane filter cake in the composition of organomineral fertilizer on soybean responses. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v.8, n.2, p.131–137, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1007/s40093-018-0237-3>

PRADO, Renato de Mello. Nutrição de plantas. 2ªed. São Paulo: Editora Unesp, 407p. 2020.

PERES, Liliane Aparecida Cardoso *et al.* Produtividade do tomate industrial submetido a adubação organomineral em cobertura. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 10586-10599, 2020.

PYLAK, Michał *et al.* Review report on the role of bioproducts, biopreparations, biostimulants and microbial inoculants in organic production of fruit. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v.18, n.3, p.597-616, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11157-019-09500-5>.

SILVA, J.B.C, GIORDANO, L.B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia - Embrapa Hortaliças. 168 p. 2000.

SILVA, Ernani C. *et al.* Concentração de nutrientes e produção do tomateiro podado e adensado em função do uso de fósforo, de gesso e de fontes de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.19, p.64-69, 2001.

SOUZA JUNIOR, Jonas Pereira de *et al.* Release of potassium, calcium and magnesium from sugarcane straw under different irrigation regimes. *Australian Journal of Crop Science*, v.9, p.767-771, 2015.

TERRA, Nathanael Fidelis. Avaliação da qualidade de frutos rasteiro com aplicação de aminoácidos e polissacarídeos. 24f. Curso de Agronomia [Trabalho de conclusão de Curso], Anápolis - Centro Universitário de Anápolis, UniEVANGÉLICA, 2019.

WANG, Hua *et al.* Regulatory features underlying pollination-dependent and independent tomato fruit set revealed by transcript and primary metabolite profiling. **Plant Cell**, v.21, p. 1428–1452, 2009.

ZAMDONADI, Daniel B. *et al.* Nitric oxide mediates humic acids induced root development and plasma membrane H⁺-ATPase activation. **Planta**, n.231, n.5, 2010.

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

ZONTA, Everaldo *et al.* Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Brasília: Embrapa, p. 263-303, 2021.