

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO CIÊNCIAS DA VIDA
CURSO DE AGRONOMIA**

FELIPE SCOPEL

**UTILIZAÇÃO DE BIOATIVADORES DE SOLO NA CULTURA DO
TOMATE**

**CAXIAS DO SUL
2023**

FELIPE SCOPEL

**UTILIZAÇÃO DE BIOATIVADORES DE SOLO NA CULTURA DO
TOMATE**

Trabalho de Conclusão de Curso como
requisito para a obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo da Universidade de
Caxias do Sul. Área do conhecimento:
Fertilidade do Solo
Orientador: Prof. Ms. Elaine Damiani Conte

CAXIAS DO SUL

2023

FELIPE SCOPEL

**UTILIZAÇÃO DE BIOATIVADORES DE SOLO NA CULTURA DO
TOMATE**

Trabalho de Conclusão de Curso como
requisito para a obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo da Universidade de
Caxias do Sul. Área do conhecimento:
Fertilidade do Solo

Orientador: Prof. Ms. Elaine Damiani Conte

Aprovado(a) em __/__/__

Prof. Ms. Elaine Damiani Conte – Orientadora
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Gabriel Fernandes Pauletti
Universidade de Caxias do Sul

Marina Cichin Carraro
Universidade de Caxias do Sul

AGRADECIMENTO

A Deus, por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho.

Agradeço a meus pais, Alencar Luis Scopel e Janete Silvestro Scopel, pelo apoio e incentivo que serviram de alicerce para as minhas realizações.

Agradeço à minha namorada Pamela, que sempre me incentivou em minhas escolhas.

Em especial à minha orientadora, a Prof.^a. Ms. Elaine Damiani Conte, pela sua dedicação e paciência durante o trabalho. Seus conhecimentos fizeram grande diferença no resultado final deste trabalho.

Sou grato a todo corpo docente da Universidade de Caxias do Sul, que sempre transmitiram seu saber com muito profissionalismo.

Dedico esse trabalho
A Deus;
Aos meus pais, Alencar e Janete;
À minha namorada, Pamela.

UTILIZAÇÃO DE BIOATIVADORES DE SOLO NA CULTURA DO TOMATE

Felipe Scopel¹

Elaine Damiani Conte²

Resumo: A utilização de bioativadores de solo na cultura do tomate pode ser uma alternativa para a redução da adubação mineral, buscando a melhoria na qualidade do solo e a sustentabilidade econômica e ambiental. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de uso de bioativadores de solo no fornecimento de nutrientes e na produtividade da cultura do tomate em ambiente protegido, em comparação a adubação mineral. O trabalho foi conduzido na safra 2022/2023, com a cultura do tomate, cultivar indeterminado Italiano Plutão[®] enxertado no porta enxerto TD1, no município de Caxias do Sul-RS. O delineamento experimental foi em parcelas devido à especificidade dos tratamentos, contendo 2 tratamentos com 4 repetições. Cada repetição foi composta por 6 plantas de tomate, totalizando 24 unidades cada tratamento. No tratamento um o tomate cultivado com nutrição 100 % mineral via fertirrigação (com adubos nitrato de cálcio, sulfato de potássio, fosfato monoamônico, sulfato de magnésio e micronutrientes), e no tratamento dois, o apenas com a utilização de bioativadores de solo (Biomax[®] Solum[®], Magnum[®], Karpum[®] e Frokum[®]). Foram avaliados no experimento: teor de macro e micronutrientes foliares, parâmetros químicos de solo, número e peso médio de fruto, produção por planta e produtividade. Os resultados obtidos demonstraram que o tratamento com adubação mineral acidificou o solo, reduziu os teores de cálcio, aumentou os teores de manganês e apresentou maior teor de nitrogênio nas plantas, proporcionando maior produtividade da cultura. Assim, nas condições testadas, o uso de bioativadores não substituiu completamente a adubação 100 % mineral.

Palavras-chaves: Nutrição de plantas. Salinidade. Melhoramento de solo. *Solanum lycopersicum*.

USE OF SOIL BIOACTIVATORS IN TOMATO CROP

Abstract: The objective of this work was measure the potential usage of soil bioactivators in the supply of nutrients and productivity in the tomato crop on protected environment, compared with the mineral fertilization. The work was realized in harvest 2022/2023, with the tomato crop Italiano Plutão[®] graft on the rootstock TD1, in the city of Caxias do Sul – RS. The experimental delineation was in installments because of the specifics of treats, include 2 trats with 4 repetitions. Each repetition with 6 tomato plant, totalizing 24 treatment units. The treatments were composed for: tomato grown with 100 % mineral nutrition through fertirrigation with compost calcium nitrate, potassium sulfate, monoammonium phosphate, magnesium sulfate and micronutrients, and treat two, with use of soil bioactivators, that are, Biomax[®] Solum[®], Magnum[®], Karpum[®] and Frokum. Were evaluated in the experimente: leaf macro and micronutrient content, soil chemical parameters, number and average weigh of

¹Acadêmico do curso de Agronomia da Universidade de Caxias do Sul. Email: fscopel6@ucs.br

²Professora Mestre em Fertilidade do Solo, Orientadora de TCC do curso de Agronomia da Universidade de Caxias do Sul, localizada na Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 – Bairro Petrópolis – CEP 95070-560. Email: edconte@ucs.br

fruits, production per plant and productivity. The results obtained demonstrated that the treatment with mineral fertilizer acidified the soil, reduced calcium levels, increased manganese levels and higher nitrogen content in plants, providing higher crop productivity. Thereby, in the conditions tested, the use of bioactivators did not replace 100 % mineral fertilizer.

Keywords: Soil nutrition. Salinity. Soil improvement. *Solanum lycopersicum*.

1 INTRODUÇÃO

O tomateiro é uma planta de origem andina que possui grande variabilidade de gêneros e ampla adaptabilidade em diferentes regiões. O grande número de espécies e variedade de cultivares no mercado demonstram diferentes respostas às condições de luz, CO₂, temperatura, água e nutrientes, permitindo que estas plantas possam se desenvolver em climas que variam de condições de tropical de altitude à temperado (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2022).

Segundo o IBGE a produção de tomate no Brasil foi de 3.753.595 toneladas em 2020. O maior produtor de tomate do estado do Rio Grande do Sul atualmente é o município de Caxias do Sul (IBGE, 2020). A produtividade média em sistema convencional de tomate para mesa atinge de 6 a 8 kg por planta, dependendo do potencial produtivo da cultivar (BAPTISTA et al., 2006). A condução da cultura do tomate é muito suscetível a pragas e doenças, principalmente doenças de solo, exigindo tratamentos culturais frequentes, apresentando um risco econômico elevado, uma vez que o uso de produtos químicos é massivo (LUZ et al., 2007). Segundo Alvarenga (2022) para a cultura do tomateiro existe uma grande diversidade de sistemas de produção que variam de acordo com a região e com o hábito de crescimento da cultivar.

Uma das formas de manejo do tomate é o cultivo protegido que tem como objetivo a minimização de externalidades, como clima, pragas e doenças (ALVARENGA et al., 2022). Antigamente, o principal objetivo desta tecnologia era elevar a temperatura do ar, com o intuito de permitir o cultivo de plantas em regiões ou em períodos de baixas temperaturas. Já nos dias atuais essas estruturas estão difundidas por todas as regiões, cumprindo as mais diversas funções, como a de proteção de efeito quebra-vento, radiação excessiva, chuvas intensas e frequentes, e até mesmo condições de baixa umidade relativa em regiões áridas (FARIA JUNIOR, 2018). Entre os sistemas de cultivo protegido mais conhecidos destaca-se aquele realizado em estufas, geralmente construídas em túneis de plástico ou até mesmo de vidro, dependendo da tecnologia aplicada pelo produtor. Essa modalidade já se aplica muito na produção de mudas e está começando a ser utilizada para produção de hortifrutis (SILVA et al., 2014).

Para maximizar a produção de tomate com sustentabilidade, é necessário conhecimento de fatores que influenciam o crescimento, desenvolvimento e composição da planta do tomate, como água, luz, CO₂, temperatura, genótipo, manejo cultural e aspectos ligados à fertilidade do solo e nutrição do tomateiro. Estes manejos são indispensáveis para os nutrientes estarem disponíveis às plantas no momento adequado, seja ele na calagem, adubação corretiva ou nas práticas de adubação de manutenção (ALVARENGA, 2022). O manejo incorreto da adubação é uma das principais causas para a baixa produtividade em cultivo protegido anos após a implantação. A carência ou excesso de nutrientes gera desequilíbrio nutricional (SILVA, 2014). Segundo Filgueira (2007), dificilmente haverá outra cultura anual na qual a adubação seja mais intensamente aplicada do que em tomaticultura. Em razão de que os solos em geral não apresentam o nível de fertilidade requerido, a adubação é essencial. Além da cultura ser altamente exigente em nutrientes, essa exigência se eleva mais nas cultivares híbridas, provavelmente, em razão de seu maior potencial produtivo.

A adubação uma vez feita de forma correta e precisa, faz com que a planta tenha suprido suas necessidades fisiológicas para o seu desenvolvimento, além de aumentar seu rendimento em produtividade e em biomassa. As exigências de nutrientes do tomateiro podem ser supridas pela adição ao solo de fertilizante químico, de matéria orgânica ou de ambos. A absorção de nutrientes pelo tomateiro é baixa no início do seu desenvolvimento, mas no decorrer do ciclo ela aumenta, atingindo o seu ápice na fase de pegamento e crescimento de frutos (cerca de 40 a 70 dias após o plantio), voltando a decrescer na maturação. O tomateiro é uma planta bastante exigente em nutrientes, sendo os nutrientes mais absorvidos em ordem decrescente: N, K, Ca, S, P, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn (ROSSET et al., 2016).

A adubação mineral tem origem no refino de petróleo e extração mineral, sendo a fonte mais utilizada no tomateiro. Estão presentes em sua composição elementos como cloretos, carbonatos e fosfatos. A sua aplicação melhora solos que estão com baixa fertilidade a estarem aptos para receberem o cultivo de interesse. Cabe destacar que esse tipo de adubação é bastante concentrado e geralmente vem em forma de grânulos, o que ajuda a não entrar em contato direto com a raiz da planta, por ter uma absorção gradativa (TORRES, 2021). Os fertilizantes minerais são sais inorgânicos solúveis. A eficiência geral agrônômica depende da sua solubilidade e das reações químicas com o solo. Os nitrogenados minerais são totalmente solúveis no solo, podendo uma parte ser lixiviada, os fertilizantes potássicos são também solúveis, porém as perdas por lixiviação são menores do que os nitrogenados. A solubilidade dos fertilizantes fosfatados no solo é variável, em função do tipo de fosfato e do tratamento térmico ou químico da rocha fosfatada (SILVA et al., 2016).

A maioria dos solos brasileiros apresentam uma baixa fertilidade de solo natural, muitas vezes com teores de nutrientes desbalanceados. Para minimizar este problema, o estímulo de uma boa fração biológica composta de microrganismos melhora a estrutura do solo, realiza funções essenciais benéficas ao solo como decomposição da matéria orgânica e liberação de nutrientes indisponíveis à planta. Os bioativadores de solo têm função importante de ajudar na liberação de macro e micronutrientes do solo, contribuindo para melhorar as características químicas (CTC, soma de bases, saturação por bases, acidez, macro e micronutrientes) e físicas (temperatura e umidade). Além disso, potencializam a eficiência de adubos e contribuem com atividade microbiológica do solo (DE SOUZA et al., 2019).

Os bioativadores de solo são compostos constituídos por ácidos orgânicos e carboxílicos e podem contribuir na liberação de macro e micronutrientes do solo para as plantas e possibilitar um melhor aproveitamento dos nutrientes disponíveis e imobilizados (FRANCO JUNIOR et al., 2016). Segundo Trevizan et al. (2016) o uso de bioativadores passou a ser visto como uma forma de elevar a produtividade. Os autores afirmam que o uso de bioativadores proporcionou efeitos positivos em todos os parâmetros testados (raízes, massa seca das raízes, número de vagens por planta, número de grãos por vagens, peso de mil grãos e estatura), tendo assim uma maior produtividade na cultura da soja.

No entanto, são necessárias informações referentes ao uso de bioativadores na cultura do tomate para que se possa aplicar com eficiência e segurança no campo. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de uso de bioativadores de solo no fornecimento de nutrientes e na produtividade da cultura do tomate em cultivo protegido.

2 METODOLOGIA

O presente estudo foi conduzido em uma propriedade rural, situada na localidade de Santa Lúcia do Piaí, distrito de Caxias do Sul/RS. As coordenadas geográficas do local são 29° 14 '50.7 "S 51° 00' 04.5"O situando-se a uma altitude de 807 metros.

O solo onde foi conduzido o experimento é caracterizado como associação Cambisol/Argiloso, com o histórico de cultivos de tomate por 4 anos consecutivos, em casa de vegetação. Na área do experimento, foi introduzida a cultura do Centeio no período de entressafra do tomate e dessecada a mesma 30 dias antes do transplante. O solo apresentava, antes da instalação do experimento, as seguintes características químicas, na camada de 0-20 cm: 45 % argila; pH 6,2; índice SMP 6,3; MO 3,6 %; Al < 0,03 cmol_c.dm⁻³; Ca 13,3 cmol_c.dm⁻³

³; SB 84,4 %; P 138,5 mg.dm⁻³; S >50,0 mg.dm⁻³; K >450,0 mg.dm⁻³; Zn 18,5 mg.dm⁻³, Cu 64,3 mg.dm⁻³; Mn 5,4 mg.dm⁻³; e, B 2,7 mg.dm⁻³.

O delineamento experimental foi em parcelões devido a especificidades dos tratamentos, contendo 2 tratamentos com 4 repetições. Cada repetição foi composta por 6 plantas de tomate, totalizando 24 unidades cada tratamento. Os tratamentos realizados foram: tomate cultivado com nutrição 100 % mineral via fertirrigação (T1) e tomate cultivado apenas com utilização de bioativadores de solo (T2).

O tratamento com adubação mineral foi realizado de acordo com o padrão utilizado pelo produtor, sendo realizadas 4 aplicações semanais ao longo de todo o ciclo da cultura, com as dosagens de acordo da curva de absorção da cultivar. Os fertilizantes utilizados foram: nitrato de cálcio, sulfato de potássio, MAP, sulfato de magnésio e micronutrientes. A adubação foi dividida ao longo do ciclo conforme exigência nutricional da cultura. As doses e ordem das aplicações foram realizadas conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Doses de adubação mineral para a cultura do tomate realizadas durante o experimento.

Fertilizantes	Dose (Kg/ha)	Dose por planta total (g)	Dose por planta semanal (g)
Nitrato de cálcio	935	70,83	3,21
Sulfato de potássio	1.100	83,35	3,78
MAP	300	22,70	1,02
Sulfato de magnésio	300	22,70	1,02

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

No tratamento com bioativadores foram utilizados os produtos da empresa Cosmocel, sendo eles Biomax[®] Solum[®] metabólicos de microrganismos solubilizadores de nitrogênio e enxofre, Magnum[®] metabólicos de microrganismos solubilizadores nitrogênio e micronutrientes, Karpum[®] metabólicos de microrganismos solubilizadores nitrogênio, fósforo, potássio e zinco, e Frokum[®] metabólicos de microrganismos solubilizadores de potássio, enxofre e boro. Foram realizadas quatro aplicações semanais cada tratamento, um produto em cada aplicação, a partir da segunda semana de plantio até o final da colheita. As aplicações foram realizadas durante 22 semanas resultando no total 88 aplicações, seguindo ordem e doses descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Doses de Biomax para a cultura do tomateiro em função da disponibilidade no solo.

Produto comercial	Dose (l/ha)	Dose por planta (ml)	Dose por planta semanal (ml)
Biomax[®] Solum[®]	37,7	2,91	0,13
Biomax[®] Magnum[®]	75	5,87	0,27
Biomax[®] Karpum[®]	150	11,75	0,53
Biomax[®] Frokum[®]	75	5,87	0,27

Fonte: Elaborado pelo autor.

A cultivar utilizada para o trabalho foi o tomate indeterminado Italiano Plutão[®] enxertado no cavaleiro TD1. As plantas foram conduzidas com duas hastes e plantadas com espaçamento de 58 cm entre plantas e 130 cm entre fileiras. O transplante das mudas foi realizado em setembro de 2022. No momento da implantação para correção de solo conforme a necessidade do tomateiro, foi aplicado em toda a área 300 kg.ha⁻¹ de adubo base 09-24-12 incorporado a 20 cm e 12 m³ de esterco de aves aplicado superficialmente, para fim de incremento de matéria orgânica no solo.

A irrigação foi realizada conforme a exigência da cultura, e condições climáticas ao longo do experimento, que variaram de 0,5 à 2,5 litros de água por dia. O volume de irrigação foi igual para os dois tratamentos. A adubação foi parcelada em 4 aplicações semanais para ambos os tratamentos. Na área do T1, a adubação mineral foi aplicada diretamente pela fertirrigação. Na área do T2, a água foi aplicada pelas fitas gotejadoras e os produtos Biomax[®] aplicados manualmente através da prática do drench (jato dirigido).

O manejo fitossanitário da cultura foi realizado com base no monitoramento para a identificação e controle de plantas daninhas, pragas e patógenos. Foram realizados 42 tratamentos em todo o ciclo da cultura, divididos em inseticidas, fungicidas e acaricidas.

Em ambos tratamentos, foi realizada a prática da desfolha, que consiste na retirada das folhas baixas no início do aparecimento maturação de frutos, para melhorar a incidência solar no fruto e melhor molhamento da planta em tratamentos pulverizados.

As variáveis avaliadas no experimento foram teor de macro e micronutrientes foliares, parâmetros químicos de solo, número de frutos, peso médio de fruto, produção por planta e produtividade.

Os teores de macro e micronutrientes foliares foram determinados por análises foliares realizadas na fase frutificação/amadurecimento, 12 semanas após o transplante, na data de 21 de dezembro. Nesta fase ocorre maior exigência nutricional da cultura, por estar em pleno estado de crescimento, frutificação, enchimento de frutos e início de amadurecimento. Foi

coletada a terceira folha a partir do ápice de cada planta (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2022).

As amostras de solo para caracterização química foram coletadas no final do ciclo da cultura, que se deu no final da primeira quinzena de março, onde a fertirrigação parou de ser realizada. Foram coletadas 4 subamostras para compor uma amostra e 4 repetições por tratamento.

A produtividade foi avaliada através da pesagem dos frutos coletados em todo período de colheita, onde foram realizadas duas colheitas semanais, com início em 10/12/2022 até 12/03/2023. O peso médio dos frutos foi realizado com a pesagem de todos frutos colhidos no experimento.

Os dados foram analisados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. As variáveis com distribuição normal, a comparação de médias foi realizada utilizando o Teste t ($p \leq 0,05$). Em caso de não normalidade, as variáveis foram analisadas utilizando o teste Mann-Whitney U ($p \leq 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SPSS 21.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos através da análise de tecido vegetal do tomateiro demonstraram que para os elementos fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre não houveram diferenças significativas comparado a adubação mineral com o uso de bioativadores de solo. Entretanto, o tratamento com uso de adubação mineral apresentou maior teor de nitrogênio foliar conforme ilustra a Tabela 3.

Tabela 3 – Teores de macronutrientes em tecido foliar do tomate, conduzido em sistema cultivo protegido, em função da aplicação de Bioativadores de solo e adubação mineral.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g.kg ⁻¹ -----					
Biomax	25,30b	2,98 ^{ns}	32,80 ^{ns}	32,08 ^{ns}	4,25 ^{ns}	7,75 ^{ns}
Mineral	32,68a	2,92	34,68	26,38	3,50	7,00
CV%	7,93	5,79	5,89	12,34	15,64	7,10

Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de t ($p \leq 0,05$). ns = não significativo pelo teste Mann-Whitney U ($p \leq 0,05$) para as variáveis Mg e S e pelo teste t ($p \leq 0,05$) para as demais variáveis. CV= Coeficiente de variação.

O tomateiro é uma planta altamente exigente em nutrientes minerais. Segundo Alvarenga (2022), os níveis dos elementos macronutrientes estão adequados, com exceção do nitrogênio na ocasião do início da colheita do primeiro cacho. O nitrogênio é extraído em grande

quantidade pela planta, aumenta o crescimento vegetativo e a parte aérea fotossintetizante, predispondo a planta a altos rendimentos produtivos (FILGUEIRA, 2008).

De acordo com Alvarenga (2022) o teor no tecido considerado adequado é de 40 g.kg⁻¹ de nitrogênio para a cultura do tomateiro sendo que nenhum dos tratamentos atingiu esses teores. Por outro lado, a maior absorção de nitrogênio no tratamento com adubação mineral indica uma melhor resposta nutricional da planta, indicando que os bioativadores de solo foram menos eficientes em disponibilizar o nitrogênio necessário para a cultura.

Através da análise tecido vegetal do tomateiro, os valores expostos na Tabela 4 demonstraram que os micronutrientes zinco, cobre, manganês, ferro e boro não apresentaram diferença estatística comparando a adubação mineral com o uso de bioativadores de solo.

Tabela 4 – Teores de micronutrientes em tecido foliar do tomate, conduzido em sistema cultivo protegido, em função da aplicação de Bioativadores de solo e adubação mineral.

Tratamentos	Zn	Cu	Mn	Fe	B
	mg.kg ⁻¹				
Biomax	157,8 ^{ns}	184,2 ^{ns}	155,4 ^{ns}	128,0 ^{ns}	86,6 ^{ns}
Mineral	135,3	225,7	148,9	125,5	70,8
CV%	13,4	16,57	12,62	9,28	32,80

^{ns} = não significativo pelo teste Mann-Whitney U (p≤0,05). CV= Coeficiente de variação.

Alvarenga (2022) retrata em seus estudos que os níveis de macronutrientes e micronutrientes foliares em casa de vegetação podem ser elevados por não ocorrer molhamento foliar nas plantas. Os elementos zinco e cobre encontram-se em excesso nas duas formas de nutrição; manganês, ferro e boro em níveis normais pelo estádio da cultura. O excesso de cobre e zinco pode ser atribuído também às aplicações de fungicidas inorgânicos à base de cobre ou que contém zinco em sua formulação, elevando seus níveis no tecido foliar.

Os teores dos macronutrientes observados no solo após o cultivo do tomate demonstraram diferença significativa para o macronutriente cálcio com o uso de bioativadores de solo em relação à adubação mineral, como apresenta a Tabela 5. Para magnésio, potássio, fósforo e enxofre não houve diferença estatística em relação aos diferentes tipos de adubação.

Tabela 5 – Parâmetros químicos do solo (macronutrientes) e pH em tomate conduzido em sistema cultivo protegido, em função da aplicação de Bioativadores de solo e adubação mineral.

Tratamentos	pH	Ca	Mg	K	P	S
		-----cmol _c .dm ³ ----		-----mg.dm ⁻³ -----		
Biomax	6,3a	11,9a	4,0 ^{ns}	415,5 ^{ns}	65,3 ^{ns}	21,6 ^{ns}
Mineral	5,9b	10,9b	3,5	450,0	49,3	30,9
CV (%):	2,96	3,88	4,58	5,02	25,06	24,61

Médias seguidas por letras distintas diferem significativamente teste Mann-Whitney U ($p \leq 0,05$) para a variável Mn e pelo teste t ($p \leq 0,05$) e para pH e Ca ^{ns} = não significativo pelo teste Mann-Whitney U ($p \leq 0,05$) para as variáveis MO, Mg, K e B e pelo teste t ($p \leq 0,05$) para as demais variáveis. CV= Coeficiente de variação

Conforme Silva et al., (2016), tanto para adubação mineral quanto para bioativadores de solo os nutrientes se encontram em níveis muito altos para todos os elementos. Isso provavelmente se dá pelo fato da área estar no quinto plantio consecutivo de tomate em ambiente protegido e com elevado uso de fertilizantes.

Batista (2018) afirma que os fertilizantes podem apresentar residual de reação ácida ou alcalina. Fertilizantes que possuem em sua constituição, NH_4^+ ($\text{NH}_4 \text{NO}_3$, $\text{NH}_4 \text{SO}_4$, $\text{NH}_4 \text{H}_2 \text{PO}_4$), $(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$, ou que têm como produto final NH_4^+ , como é o caso da ureia ($(\text{NH}_2)_2 \text{CO}$), apresentam como resultante uma reação ácida em decorrência da produção de íons H^+ nas reações de nitrificação. Portanto, no presente trabalho o adubo de fertirrigação MAP ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) (fosfato monoamônico), pode ter gerado acidificação do solo e resultando na redução do pH na adubação mineral, já na utilização de bioativadores do solo não ocorreu alteração significativa.

Segundo a análise de solo, houve diferença estatística para o pH e para o macronutriente cálcio com o uso de bioativadores de solo em relação à adubação mineral, apresentando maior pH e concentração de cálcio com utilização de bioativadores. Isso pode ter ocorrido pois a acidificação na adubação mineral reduz a disponibilidade de cálcio no solo.

Os micronutrientes presentes no solo após o cultivo do tomate demonstraram diferença significativa apenas para o manganês com o uso de bioativadores de solo em relação à adubação mineral, conforme os dados apresentados na Tabela 6. Para cobre, zinco e boro não houve diferença estatística em relação aos diferentes tipos de adubação. Para matéria orgânica do solo e a acidez potencial (hidrogênio + alumínio) não houve diferença significativa.

Tabela 6 – Parâmetros químicos do solo em tomate conduzido em sistema cultivo protegido, em função da aplicação de Bioativadores de solo e adubação mineral.

Tratamentos	MO	H+Al	Cu	Zn	B	Mn
	%	cmol _c dm ³	-----mg.dm ⁻³ -----			
Biomax	3,50 ^{ns}	3,4 ^{ns}	52,2 ^{ns}	16,4 ^{ns}	1,25 ^{ns}	6,25b
Mineral	3,50	4,6	49,6	15,4	1,00	11,75a
CV (%):	6,28	32,61	50,89	8,09	14,89	18,94

Médias seguidas por letras distintas diferem significativamente teste Mann-Whitney U ($p \leq 0,05$) para a variável Mn e pelo teste t ($p \leq 0,05$) e para pH e Ca ^{ns} = não significativo pelo teste Mann-Whitney U ($p \leq 0,05$) para as variáveis MO, Mg, K e B e pelo teste t ($p \leq 0,05$) para as demais variáveis. CV= Coeficiente de variação

Pesquisas demonstram que a maioria dos solos apresenta disponibilidade adequada de Zinco, Cobre, Boro, Manganês e Molibdênio, não tendo havido incremento no rendimento com sua aplicação, contudo, as plantas melhoram o aspecto visual quando de sua aplicação, além disso, são muito importantes para inúmeras funções fisiológicas das plantas, e garantem um bom balanço nutricional (ANDRIOLO, 2002). O micronutriente manganês teve índices maiores na utilização de adubação mineral, onde nesse sistema ocorreu mais acidificação do solo, portanto, reduz o pH disponibilizando micronutrientes no solo.

Os componentes de rendimento da cultura do tomate foram superiores para número de frutos por planta, produção por planta e produtividade (caixas 20 kg por mil plantas) na adubação mineral em relação ao tratamento com bioativadores de solo, já o peso médio de frutos não mostrou diferença significativa, indicando que as duas formas de nutrição obtiveram enchimentos e tamanho de frutos parecidos, conforme dados apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Componentes de rendimento do tomate em sistema de plantio em ambientes protegido em função da aplicação de Bioativadores de solo e adubação mineral.

Tratamentos	Peso médio de frutos	Número de frutos por planta	Produção por planta	Produtividade Por mil plantas
	g	un	kg	caixas de 20 kg
Bioativadores	111,26 ^{ms}	87,29b	9,71b	485,62 b
Adubação Mineral	114,08	97,00a	11,07a	553,33 a
CV(%):	2,53	1,14	3,045	3,03

Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste t ($p \leq 0,05$) para produção por planta e pelo teste Mann-Whitney U ($p \leq 0,05$) para número de frutos por planta. ^{ms} = não pelo teste t ($p \leq 0,05$) para peso médio de frutos. CV= Coeficiente de variação.

A adubação mineral teve maior número de frutos por planta, provavelmente pelo fato de que as plantas com nutrição mineral tiveram mais cachos e conseqüentemente mais frutos. Mais frutos por planta com peso de frutos uniformes proporcionou uma maior produção por planta na adubação mineral e ainda uma maior produtividade por mil plantas comparado a utilização de bioativadores de solo.

Os efeitos no desenvolvimento vegetativo visualizados no desenvolvimento e nutrição das plantas de tomate estão expostos na Figura 1, sendo que na imagem (a) (nutrição mineral) observa-se uma coloração verde mais escura e um maior vigor vegetativo quando comparado às plantas com o uso de bioativadores, na imagem (b).

Figura 1 - Plantas da cultivar tomate indeterminado Italiano Plutão® enxertado no cavaleiro TD1 após 75 dias do plantio em ambiente protegido, onde (a) tratamento com adubação e (b) tratamento com bioativador de solo.



Fonte: Autor, 2023.

Segundo Filgueira (2008), o nitrogênio aumenta a parte aérea fotossintetizante, predispondo a planta a altas produtividades, no entanto, o excesso causa anomalias, como frutos ocos e podridão-apical. Também pode ocorrer da planta ter seu tecido mais vigoroso e uma maior susceptibilidade a ataque de doenças. No trabalho foi observado menor concentração de nitrogênio na parcela com bioativadores de solo o que pode ter limitado a produtividade da cultura. A identificação da falta de nitrogênio pode ser observada por menor desenvolvimento da planta, folhagem verde claro ou amarelada nas folhas baixas e afinamento de folhas novas (ALVARENGA, 2022).

Para toda lavoura comercial, o incremento de produtividade com redução de custo é essencial. Neste trabalho foi possível perceber que mesmo não obtendo uma produtividade superior utilizando bioativadores de solo, foi possível reduzir o custo em nutrição. Com adubação mineral foi gasto R\$1,58 cada planta em todo ciclo, já com os bioativadores de solo R\$1,46 por planta.

Assim, no sistema de plantio de tomate em cultivo protegido, a utilização de bioativadores de solo pode reduzir a aplicação de adubos minerais, proporcionando a liberação de nutrientes do solo. Entretanto, são necessárias mais pesquisas avaliando a combinação da adubação mineral com o uso de bioativadores de solo. Sugere-se meia dose de adubação mineral juntamente com bioativadores de solo e sem nenhuma aplicação de adubação mineral ou

bioativadores para verificar a verdadeira potencialidade dos bioativadores, além de aplicações em diferentes solos e teores de nutrientes no solo.

4 CONCLUSÃO

Nas condições do trabalho pode-se concluir que a adubação mineral acidifica levemente o solo, reduz os teores de cálcio e aumenta os teores de manganês. Proporciona maior teor de nitrogênio nas plantas comparado a utilização de bioativadores de solo. A produtividade do tomateiro com adubação mineral é maior em relação a utilização apenas de bioativadores de solo.

O uso de bioativadores de solo não substitui 100 % da adubação mineral.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, M A. R. Tomate: produção em campo, casa de vegetação e em hidroponia. 3. Ed. Lavras, MG: Ed. Universitária de Lavras, 2022.
- ANDRIOLO, J. L. **Olericultura geral**. Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciencia-Editora UFSM, 2020.
- ÁVILA, A. C. de. Como plantar tomate de mesa: características. Características. 2020. **Embrapa Hortaliças**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas/tomate-de-mesa/caracteristicas>. Acesso em: 12/08/2022.
- BAPTISTA, M. J. et al. Solarização do solo e biofumigação no cultivo protegido de tomate. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 47-52, 2006. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/hb/a/B6hspd7vrtnjxhXNDdwDzpv/?lang=pt&format=html>>. Acesso em: 12/08/2022.
- BATISTA, M. A. et al. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. **BRANDÃO-FILHO, JUT; FREITAS, PSL; BERIAN, LOS; GOTO, R. Hortaliças-fruto. Maringá: EDUEM**, p. 113-161, 2018. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Michel-Esper-Neto/publication/332120752_Principios_de_fertilidade_do_solo_adubacao_e_nutricao_mineral/links/5f8ae4c892851c14bccc722a/Principios-de-fertilidade-do-solo-adubacao-e-nutricao-mineral.pdf>. Acesso em: 17/04/2023.
- DE SOUZA, E. M. et al. Efeito do bioativador de solo no desenvolvimento inicial do cafeeiro. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 04, p. 60-65, 2019. Disponível em <<https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/8420/5334>>. Acesso em: 03/09/2022.
- FILGUEIRA, F. A. R.. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. Ed. Rev. e ampl. – Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007.

FARIA JUNIOR, M.J.A., and HORA, R.C. Cultivo Protegido. In: **BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S., and GOTO, R., comps. Hortaliças-fruto [online]. Maringá: EDUEM, 2018**, pp. 451-487. Disponível em <<https://books.scielo.org/id/bv3jx/pdf/brandao-9786586383010-16.pdf>>. Acesso em: 12/08/2022.

FRANCO JUNIOR, K. S. **Uso de Bio Ativador de solo associado a diferentes coberturas vegetais e a influência nas características químicas, físicas e microbiológicas**. 2017. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas de Produção na Agropecuária, Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, 2017. Disponível em: <http://tede2.unifenas.br:8080/jspui/bitstream/jspui/195/2/KLESO%20SILVA%20FRANCO%20JUNIOR.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA **.Produção de tomate**. Censo 2020. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/br>>. Acesso em: 19/08/2022.

LUZ, J. M. et al. Comparação dos sistemas de produção de tomate convencional e orgânico em cultivo protegido. **Biosci. j.**(Online), 2007. Disponível em <<https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6842/4531>>. Acesso em: 12/08/2022.

ROSSET, E. et al. Efeitos de fertilizante organomineral na produção de tomate (*Lycopersicon esculentum*). **Uningá Review**, v. 25, n. 2, 2016.

SILVA, B. A. et al. Cultivo protegido. **Hortifruti Brasil**, São Paulo, v. 132, n. 12, p. 10-18, mar. 2014. Mensal. CEPEA/ESALQ. Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/132/mat_capa.pdf. Acesso em: 13 ago. 2022.

SILVA, L. da S. et al. Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2016.

TORRES, L. **Adubação: Conheça os principais tipos e como torná-los mais eficientes. Minas Gerais**.2021. Disponível em <<https://blog.syngentadigital.ag/adubacao-conheca-os-principais-tipos/>>. Acesso em: 18/08/2022.

TREVIZAN, K.; JUNIOR, Z. S.. **Uso de bioativador influência de forma positiva o aumento de produtividade da soja**. Gétulio Vargas. 2016. Disponível em <https://www.getulio.ideal.com.br/wp-content/files_mf/6ea53d516df9700ffe859984bfe45214324_1.pdf>. Acesso em: 12/09/2022.