

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO STABILIZE PHOS E A RESIDUALIDADE
DE FÓSFORO NO SOLO, CULTIVADO COM PLANTAS DE TOMATE
INDUSTRIAL.**

Beatriz de Fátima Cruz Pereira

Orientador: Prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazetta

Jaboticabal-SP

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO STABILIZE PHOS E A RESIDUALIDADE
DE FÓSFORO NO SOLO, CULTIVADO COM PLANTAS DE TOMATE
INDUSTRIAL.**

Beatriz de Fátima Cruz Pereira

Orientador: Prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazetta

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de
Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA
AGRONÔMICA.

Jaboticabal-SP

1º Semestre/2023

P436e	Pereira, Beatriz de Fátima Cruz
	Eficiência agronômica do Stabilize PHOS e a residualidade de fósforo no solo, cultivado com plantas de tomate industrial / Beatriz de Fátima Cruz
	Pereira. -- Jaboticabal, 2023
	39 p. : tabs., fotos
	Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
	Orientador: Jairo Osvaldo Cazetta
	Coorientador: Marcos Donizetti Revoredo
	1. Solanum Lycopersicum L. 2. Adubação. 3. Fósforo. 4. Solo. 5. Tomate. I.
	<u>Título.</u>

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL



DEPARTAMENTO: BIOTECNOLOGIA AGROPECUÁRIA E AMBIENTAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

TÍTULO: EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO STABILIZE PHOS E A RESIDUALIDADE DE FÓSFORO NO SOLO, CULTIVADO COM PLANTAS DE TOMATE INDUSTRIAL

ACADÊMICO: BEATRIZ DE FÁTIMA CRUZ PEREIRA

CURSO: ENGENHARIA AGRONÔMICA

ORIENTADOR (ES): PROF. DR. JÁIRO OSVALDO CAZETTA

Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

(Nomes)

Presidente Prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazetta

Membro Dr. Marcos Donizetti Revoredo

Membro Msc. Renan Moises Paneghini Zanata

(Assinaturas)

Jaboticabal 19 / 06 / 2023

Aprovado ad referendum do Conselho do Departamento 21 / 06 / 2023
em:

Chefe do Departamento

Ao meu avô José Aparecido da Cruz,
À minha avó Maria Elias da Cruz.

DEDICO

A toda minha família e amigos.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me fortaleceu em toda minha jornada durante os cinco anos de faculdade.

Aos meus avós José Aparecida da Cruz (in memoriam) e Maria Elias da Cruz, pelo apoio, incentivo e toda dedicação, vocês são minha base.

Ao meu namorado Akira José Fernandes Fukuda, pelo apoio, incentivo e companheirismo. Acreditando no meu potencial desde o início.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazetta, pela disponibilidade e apoio.

Ao meu coorientador Dr. Marcos Donizetti Revoredo, pelas orientações apoio e receptividade e por todo tempo que disponibilizou para me auxiliar no desenvolvimento do meu trabalho.

À minha amiga Meiriele Cristina Mendes Gonçalves, pelo apoio e auxílio no desenvolvimento do trabalho, e por me acompanhar em toda minha jornada.

À minha família de Jaboticabal, República Sófadinhas, pelos momentos que passamos juntas e pela amizade.

Aos meus colegas de turma, amigos, familiares e todos que contribuíram de alguma forma para meu Trabalho de Conclusão de Curso.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	2
	Cultura do tomate e suas características.	2
	Nutrição em tomate	3
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	5
	Local do experimento	5
	Delineamento experimental	5
	Solos e Montagem dos vasos.....	6
	Plantas.....	9
	Amostragens e avaliações.....	10
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	13
5	CONCLUSÕES.....	26
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO STABILIZE PHOS E A RESIDUALIDADE DE FÓSFORO NO SOLO, CULTIVADO COM PLANTAS DE TOMATE INDUSTRIAL.

Resumo - O tomate (*Solanum Lycopersicum L.*) é uma das hortaliças mais consumidas no mundo e cultivada em grande escala brasileira. A adubação é um fator importante para alcançar alta produtividade e rentabilidade na cultura do tomate, o fósforo é um dos nutrientes essenciais destacados, devido à sua deficiência comum nos solos tropicais. O uso de fertilizantes de eficiência aumentada é considerado uma estratégia promissora, pois combina os benefícios dos fertilizantes orgânicos e minerais, atendendo às demandas nutricionais das plantas. Além disso, a utilização de resíduos na fertilização do solo pode recuperar nutriente e melhorar a estrutura física do solo. No entanto, ainda há poucos dados disponíveis sobre a eficiência dos adubos organominerais fosfatados e a dosagem adequada para fornecer fósforo ao tomateiro. Foram realizados experimentos em casa de vegetação, utilizando solos arenosos e argilosos. Sendo testados cinco tratamentos, incluindo um controle sem adubação, adubo mineral e três variações de dosagens do organomineral "Stabilize PHOS" contendo diferentes níveis de correspondência. Os resultados foram submetidos à análises de variâncias e as médias avaliadas pelo teste de Tukey. Os resultados obtidos forneceram informações sobre a eficiência do organomineral "Stabilize PHOS" na cultura do tomate e ajudaram a determinar a dosagem adequada de fósforo para a cultura. Isso contribuirá para o manejo nutricional mais eficiente e sustentável do tomateiro, visando à maximização da produtividade e rentabilidade na agricultura brasileira.

Palavras-chave: Tomate; Adubação; Fósforo.

AGRONOMIC EFFICIENCY OF STABILIZE PHOS AND PHOSPHORUS RESIDUALITY IN SOIL CULTIVATED WITH INDUSTRIAL TOMATO PLANTS

ABSTRACT - Tomato (*Solanum Lycopersicum* L.) is one of the most consumed vegetables in the world and cultivated on a large scale in Brazil. Fertilization is an important factor to achieve high productivity and profitability in the tomato crop, phosphorus is one of the highlighted essential nutrients, due to its common deficiency in tropical soils. The use of increased efficiency fertilizers is considered a promising strategy, as it combines the benefits of organic and mineral fertilizers, meeting the nutritional demands of plants. In addition, the use of residues in soil fertilization can recover nutrients and improve the physical structure of the soil. However, there is still little data available on the efficiency of organomineral phosphate fertilizers and the adequate dosage to provide phosphorus to tomato plants. Experiments were carried out in a greenhouse, using sandy and clayey soils. Five treatments were tested, including a control without fertilization, mineral fertilizer and three variations of dosages of the organomineral "Stabilize PHOS" containing different levels of correspondence. The results were submitted to analysis of variances and the averages evaluated by Tukey's test. The obtained results provided information on the efficiency of the organomineral "Stabilize PHOS" in the tomato crop and helped to determine the adequate dosage of phosphorus for the crop. This will contribute to a more efficient and sustainable nutritional management of the tomato plant, aiming at maximizing productivity and profitability in Brazilian agriculture.

Palavra-chave: Tomato; Fertilizing; Phosphor.

1 INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é considerado uma das hortaliças mais consumidas no mundo (Marques et al., 2018), e amplamente cultivada na agricultura brasileira. De acordo com a CONAB (2019), a área de plantio de tomate no Brasil atingiu 61,6 mil ha⁻¹ com produtividade de 68,3 t ha⁻¹ e uma produção de 4,2 milhões de toneladas. A maior parte da produção centralizada nos estados de Goiás, São Paulo e Santa Catarina, com 75% da produção.

O manejo adequado em relação à nutrição mineral é um dos fatores de maior importância para que se possa alcançar uma boa produtividade e rentabilidade (Cecílio Filho et al., 2017). Entre todos os nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas, o fósforo é particularmente destacado, uma vez que a deficiência desse nutriente é comum em solos tropicais.

Do ponto de vista ambiental e econômica, o uso de fertilizantes organominerais é considerado uma boa estratégia pelo fato de estarem associados a fertilizantes minerais, atendendo a demanda nutricional exigida pelas plantas durante o ciclo da cultura. Neste contexto, a utilização dos fertilizantes organominerais passa a ser uma alternativa plausível, pois possui, em sua composição, uma fração orgânica e mineral combinadas, gerando uma série de vantagens em relação ao uso. Com o uso de resíduos na fertilização dos solos pode-se recuperar diversos elementos químicos, tais como N, P, K, além de contribuir, por meio de adição de matéria orgânica ao solo, melhorando a estrutura física do solo e aumentando a absorção de água e fornecimento de nutrientes para as plantas, com um aumento de produção. (IPEA, 2012).

No entanto, ainda não há dados suficientes sobre eficiência dos adubos organominerais fosfatados nem sobre a dosagem adequada para fornecer fósforo ao tomateiro. Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência do organomineral “Stabilize PHOS” no cultivo do tomate.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Cultura do tomate e suas características.

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma hortalica, pertencente a família das solanáceas que foi originada na parte Ocidental da América do Sul, mas sendo domesticada no México em 1523 e somente em 1554 que foi introduzida na Europa pelos espanhóis. É uma planta perene, herbácea, com dois tipos de hábitos de crescimento distintos, que apropriam a seu manejo, sendo eles indeterminado e determinado, onde o primeiro ocorre na maioria das cultivares de mesa, sendo tutoradas e podadas, podendo atingir até 2,5 m e o determinado com finalidade industrial tendo por característica desenvolvimento rasteiro, chegando atingir 1,0m de altura.

É considerada uma planta bastante tolerante a uma ampla variação térmica, sendo a faixa de temperatura diurnas de 25°C e noturnas de 18°C, ideal para um bom desenvolvimento, com um ciclo que varia de 4 a 7 meses, da sementeira até a produção de novas sementes.

Dentre as hortaliças, a cultura do tomate no Brasil é uma das mais importantes, tanto em âmbito social quanto econômico, devido ao seu grande volume de produção e geração de empregos. De acordo com a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas de Hortaliças no país a produção de tomate fresco movimenta quase R\$ 10 bilhões no varejo, gerando uma massa salarial de mais de R\$ 400 milhões no campo. Em 2017 o Brasil, produziu cerca de 4,3 milhões de toneladas, em aproximadamente 63 mil hectares, com uma produtividade média de 68 kg/ha. Sendo os Estados de Goiás, São Paulo, Bahia e Minas Gerais que obtiveram uma maior produção na safra. (IBGE, 2017).

Nutrição em tomate

O tomateiro é extremamente exigente quanto á fertilidade de solo, segundo Ferreira e outros (2018). Sendo relativamente grande a quantidade de nutrientes extraídos pela planta, mas com uma eficiência baixa na adubação, devido à absorção da planta ser baixa. (EMBRAPA, 2005). Para seu crescimento e produção, o fósforo ocupa um lugar de destaque entre os macronutrientes necessários para o desenvolvimento do tomateiro, devido sua deficiência na maior parte dos solos tropicais brasileiros. Em solos tropicais o fósforo se encontra em forma pouco disponível às plantas, fator que gera limitações na produção agrícola, tornando assim, a agricultura dependente de adição de fertilizantes fosfatados.

Para que ocorra o aproveitamento do P pelas plantas, é necessário que haja transformação do P orgânico a inorgânico, através do processo de mineralização, cuja reação nos solos é mediada por enzimas denominadas fitases e fosfatases, produzidas através da atividade microbiana do solo.

Os processos de florescimento e frutificação podem ser melhorados através de uma nutrição adequada de fósforo, sendo exigidos em maiores quantidades, sobretudo nos tecidos meristemáticos. O crescimento e desenvolvimento das raízes laterais e raízes fibrosas estão relacionados e são influenciados pela disponibilidade de fósforo no solo.

Fertilizantes de eficiência aumentada.

Na adubação convencional novas tecnologias têm sido adotadas e agregadas, como os fertilizantes de eficiência aumentada, que contém tecnologia(s) agregada(s) que controla(m) e/ou reduz(m) a liberação de nutrientes ou estabilizam as reações das suas fontes no solo, aumentando a sua disponibilidade para as plantas. Dentre estas, os organominerais, que são constituídos por meio da mistura de fração orgânicos e minerais seguindo a Legislação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Ambiental (MAPA).

Dentro da olericultura, o uso de fertilizantes organominerais ainda é recente, com poucos dados da forma de atuação na produtividade e qualidade das hortaliças, principalmente em relação as plantas que possuem altas exigências nutricionais.

A Instrução Normativa nº23 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, de 31 de agosto de 2005, aponta que os fertilizantes organominerais é originado da mistura de fertilizantes minerais e orgânicos. Para se enquadrar como fertilizantes organominerais deve-se apresentar as seguintes características: proporção de 8% de carbono orgânico, 30% de umidade máxima, CTC de no mínimo de 80 mmol_c kg⁻¹, macronutrientes primários isolados (N, P, K) ou mistura de (NP, NK, PK): 10%, 5% de macronutrientes secundários e 4% de micronutrientes e ausências de metais pesados e microrganismos, definido pela Instrução Normativa no 25, de 23 de julho de 2009.

Componentes orgânicos presentes nos fertilizantes organominerais garante o aumento da retenção de nutrientes do solo, pelo fato de aumentar a capacidade de troca de cátions, provocando uma menor lixiviação no solo e maior aproveitamento dos nutrientes pela planta, sendo mais lentamente disponibilizados.

A produção de fertilizantes organominerais iniciou após a incorporação na legislação brasileira, no ano de 1982 no Brasil. Com um crescimento na produção dos fertilizantes crescente de 10% ao ano, sendo cada vez mais utilizada na agricultura brasileira, segundo Benites et al. (2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento

O estudo foi conduzido em casa-de-vegetação, do Departamento de Biotecnologia Agropecuária e Ambiental, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, Jaboticabal-SP, localizada a uma altitude de 610 metros e com as coordenadas geográficas 21°15'22" S e 48°15'18" W.

Delineamento experimental

O experimento foi conduzido com plantas de tomate para processamento industrial. Sendo constituído por 5 tratamentos (testemunha absoluta, fertilizante mineral e 3 variações de dosagens do Stabilize PHOS), em solo arenoso e argiloso com 4 repetições. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 5 tratamentos e 4 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais para cada tipo de solo. Sendo uma planta por vaso. Os resultados obtidos foram submetidos ao teste F e comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, como descrito por Barbosa & Maldonado Júnior (2015). Para realizar as análises estatísticas foi utilizado o programa AgroEstat, Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agrônômicos (Barbosa & Maldonado Júnior, 2015).

Os tratamentos estudados foram: variações de dosagem do adubo Stabilize PHOS, da formulação 04.20.10 para a cultura do tomate, com base no nível de P_2O_5 , em 100%, 80% e 60% da quantidade exigida pela cultura, como podemos observar na tabela 1.

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos utilizados em tomate para processamento industrial para os dois tipos de solo.

Tratamentos		Dosagem (necessidade de P_2O_5)	Momento de aplicação
1	Controle	---	Plantio
2	Adubo mineral (04.14.08)	100%	Plantio
3	Stabilize PHOS (04.20.10)	100%	Plantio
4	Stabilize PHOS (04.20.10)	80%	Plantio
5	Stabilize PHOS (04.20.10)	60%	Plantio

O tratamento 1, controle ou testemunha negativa, não recebeu nenhuma adubação.

O Stabilize PHOS é uma solução a base de NPK ou NP desenvolvida para a utilização na adubação de plantio das culturas, estes elementos nutricionais estão associados, no produto, com a tecnologia “Nutri link”, favorecendo a um melhor aproveitamento dos elementos.

Solos e Montagem dos vasos

Os solos utilizados foram de dois tipos de solos, um arenoso e outro argiloso, como podemos observar nas características físicas (Tabela 2) e químicas (Tabela 3 e 4). O Solo arenoso foi obtido no Sítio Santo Antônio, no bairro Barreiro, em Monte Alto (SP), na camada arável (0-20 cm), em que nos últimos anos foi cultivado com as culturas de cebola e milho, rotacionados. O Solo argiloso foi obtido em área do CPPAR, da FCAV/UNESP, do Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal (SP), na camada arável (0-20 cm), em que nos últimos anos foi cultivado com as culturas de soja e milho, rotacionados.

Tabela 2 – Características físicas dos solos usados neste trabalho.

Textura do solo	Argila	Silte	Areia total
	-----g kg ⁻¹ -----		
Arenoso	152	82	766
Argiloso	609	207	184

¹Análises realizadas no laboratório do Instituto Brasileiro de Análises (IBRA), em Sumaré (SP).

Tabela 3 – Características química dos solos usados neste trabalho ¹.

Solos	pH	pH	M.O.	Corg Total	P resina	P Mehlich	P rem
	CaCl ₂	SMP	g dm ⁻³	g dm ⁻³	-----mg dm ⁻³ -----		
Arenoso	6,5	7,36	9	5	166	315,5	48,52
Argiloso	5,7	6,55	16	9	39	2,6	11,77
	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	-----mmolc dm ⁻³ -----						%
Arenoso	6,3	40	17	10	63,8	73,8	86
Argiloso	4,4	32	15	24	51,5	75,5	68
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	S	Na
	-----mg dm ⁻³ -----						mmolc dm ⁻³
Arenoso	0,91	2,3	27	5,4	7,4	6	0,5
Argiloso	0,86	4,6	6	33,6	1,5	9	0,1

¹Análises realizadas no laboratório do Instituto Brasileiro de Análises (IBRA), em Sumaré (SP).

Tabela 4 – Quantidade de elementos nos solos usados neste trabalho ¹.

Solos	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Mg	B		Cu	Fe	Mn	Zn
	-----kg ha ⁻¹ -----									
Arenoso	754,5	593,6	12	413,1	1,8		4,6	54	10,8	14,8
Argiloso	177,3	414,6	18	364,5	1,7		9,2	12	67,2	3,0

¹Análises realizadas no laboratório do Instituto Brasileiro de Análises (IBRA), em Sumaré (SP).

Para os experimentos, foram utilizados vasos plásticos com capacidade para 10 litros, e área de abertura superior dos vasos de 0,045 m². Os solos foram previamente secos ao ar e peneirados, colocados na mesma quantidade nos vasos, sendo 10,6 kg/vaso para o experimento com o solo arenoso, e 11,8 kg/vaso para o experimento com o solo argiloso.

Com base na área de abertura dos vasos e as análises físicas e químicas de cada solo, realizou-se os cálculos para as devidas correções da fertilidade do solo e adubações para cada tipo de solo, utilizando como referência Silva et al. (2012).

Na correção do solo, considera-se adequado a saturação por bases de 70%, conforme Silva et al. (2012). Com isso, realizou-se a calagem apenas no solo argiloso por apresentar um valor inferior a este, de 68%. Para esta calagem, adicionou-se a quantia de 0,97 g /vaso (equivalente a 216 kg/ha) de calcário dolomítico com PRNT de 70%. Como a quantia foi baixa em relação

necessidade, realizou-se a homogeneização na terra de cada vaso, juntamente com o respectivo adubo de plantio.

Para a adubação, determinou-se a quantidade de cada adubo de plantio com base na necessidade do P_2O_5 para cultura, tratamento e com base na quantidade presente em cada tipo de solo, conforme recomendações de Prezotti et al. (2000). Como nos adubos Stabilize PHOS possuem outros elementos nutricionais, nivelou nos tratamentos 2, 3, 4 e 5, a mesma quantidade para os elementos Ca, Mg, S, B, Zn e Mn, por meio de fontes solúveis. Os elementos N e K, foram nivelados no momento da adubação da cobertura, para que a variação ficasse apenas com a fonte e dosagens de P_2O_5 , conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Quantidade de P_2O_5 aplicado em cada vaso em função da necessidade e recomendação para a cultura do tomate para processamento industrial, e o tratamento (adubo e dosagem) em estudo e tipo de solo.

Tratamentos		Arenoso	Argiloso
		-----g/vaso-----	
1	Controle	0,00	0,00
2	Adubo mineral (04.14.08)	0,45	0,90
3	Stabilize PHOS (04.20.10) 100%	0,45	0,90
4	Stabilize PHOS (04.20.10) 80%	0,36	0,72
5	Stabilize PHOS (04.20.10) 60%	0,27	0,54

¹Em Silva et al. (2012), a quantidade do adubo de plantio é calculada por hectare. Sendo que a quantidade utilizada neste estudo, foi aproximada para a área de abertura de cada vaso.

Após a homogeneização dos adubos sólidos na terra de cada vaso do respectivo experimento, foi adicionado água até atingir aproximadamente 80% da capacidade de campo, para cada textura do solo utilizado, conforme Bernardo et al. (2005). Os vasos foram incubados com umidade durante 15 dias, e logo após realizou-se o plantio.

Na adubação de cobertura, para cada tipo de solo, foi aplicado os elementos N e K, com base nas recomendações de Silva et al. (2012) para a cultura do tomate para processamento industrial, e nivelado as quantias destes elementos com base nas quantidades que foram aplicados em cada tratamento

na adubação de plantio. As adubações de plantio aconteceram aos 13 e 42 dias após o transplante (DAT) das mudas. As aplicações dos fertilizantes foram feitas pela distribuição sobre o solo, e logo após, irrigado para iniciar a solubilização dos elementos para as plantas (Figura 1).



Figura 1 – Imagem representativa da adubação de cobertura (1ª parcela) no experimento de tomate para processamento industrial.

Plantas

Foi utilizado o híbrido BSP0034, da empresa BlueSeeds, de mudas adquiridas no viveiro de mudas da Agrimonte, em Monte Alto (SP), e transplantadas no dia 1 de julho de 2022 (Figura 2). Sendo transplanta uma muda por vaso, com mudas de tamanho e condições semelhantes. A irrigação foi realizada diariamente, conforme a necessidade.

Com o objetivo de preservar as estruturas da parte aérea das plantas, estas foram conduzidas com tutoramento vertical, com fitas plásticas fixadas a um arame de aproximadamente 3,0 metros de altura, enrolando cada ramo emitido pela planta, não sendo necessário realização de nenhuma desbrota

para manter o crescimento normal para a característica do sistema produtivo destas plantas.



Figura 2 – Imagem representativa do transplântio das mudas de tomate para processamento industrial.

Amostragens e avaliações

Realizou-se a avaliação de altura (cm) das plantas aos 13 dias após transplântio (DAT).

Na finalização do experimento, realizou-se a colheita dos frutos de tomate para a determinação da produtividade e classificação de maturação dos frutos. A primeira colheita foi realizada 10 de outubro de 2022, sendo somente os frutos vermelhos (maduros), e a colheita final no dia 17 de outubro de 2022 (maduros/vermelhos, colorido e verdes). Neste momento realizou-se a contagem do número de frutos colhidos, vermelho, colorido e verde, assim como o peso dos frutos em cada estágio de maturação. Logo após, a amostragem dos frutos, foram lavados os frutos com solução de detergente, água corrente e água deionizada. As folhas e o caule também foram coletados

e separados, realizando os procedimentos de lavagem. Após a lavagem do material, os mesmos foram acondicionados em saquinhos de papel previamente identificados, deixados ao ar para secagem prévia e posteriormente colocados em estufa de ventilação forçada e mantida em temperatura aproximada de 65°C até a obtenção do peso constante. Após a secagem determinou-se por meio de pesagem a massa seca de todas as frações da planta, e de frutos vermelhos, coloridos e verdes. Após a pesagem as amostras de folhas e caule foram unidas para compor a parte aérea de cada planta de tomateiro, moídas e as amostras de frutos vermelho, colorido e verde foram unidos em uma amostra composta de frutos. Desta forma, foi realizada a coleta de uma amostra composta contendo a parte aérea (caule + folhas) e os frutos (vermelhos + coloridos + verdes). Essas amostras foram mantidas à análise do teor de fósforo (P) utilizando o método de digestão nítrico-perclórica. A presença de fósforo foi detectada por meio da espectrofotometria de absorção molecular.

No solo realizou-se 6 perfurações ao redor da base das plantas, a uma distância de aproximadamente 5 cm e em profundidade de 20 cm, e coletou-se a amostra de terra para cada parcela. Nestas amostras realizou-se as determinações das análises químicas de fertilidade do solo, P resina, P Mehlich, P residual e P total, para o cálculo de residualidade de P neste solo após o cultivo das plantas adubadas com os diferentes tratamentos. E com base na quantidade de P aplicado em cada tratamento e a produtividade de frutos por planta, determinou-se o índice de eficiência agrônômica de cada tratamento.

As raízes também foram coletadas, separando-as da terra do vaso e lavando-as com água corrente. Após a lavagem do material, o mesmo foi acondicionado em saquinhos de papel previamente identificados, deixados ao ar para secagem prévia e posteriormente colocado em estufa de ventilação forçada e mantida em temperatura aproximada de 65°C até a obtenção do peso constante. Após a secagem determinou-se por meio de pesagem da massa seca.



Figura 3 – Imagem representativa da coleta de amostras de terra para análises químicas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após 12 dias de transplântio das mudas, a altura não apresentou resultado significativo tanto em relação ao solo arenoso, quanto em relação ao solo argiloso.

Para o número de folhas houveram diferenças apenas em solo argiloso no tratamento controle (tabela 6). No entanto, nos demais tratamentos, tanto no solo arenoso quanto argiloso, não foram encontradas diferenças significativas em relação ao número de folhas. Um estudo conduzido por Oliveira et al. (2019) investigou o efeito de diferentes tipos de solo no desenvolvimento de mudas de outra espécie vegetal e verificou que, em geral, o número de folhas não foi afetado significativamente pelos tipos de solo.

Tabela 6 – Altura (cm) e no número de folhas das plantas de tomateiro para processamento industrial, aos 12 dias após o transplântio das mudas, e cultivado em solo arenoso e argiloso.

Tratamentos	Solo Arenoso		Solo Argiloso	
	Altura	Número de folhas	Altura	Número de folhas
Controle	73,49 a	124,99 a	55,58 a	108,33 b
Adubo mineral (04.14.08)	85,52 a	133,33 a	66,84 a	133,33 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 100%	93,20 a	150,00 a	74,00 a	133,33 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 80%	70,17 a	133,33 a	66,33 a	133,33 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 60%	85,52 a	208,34 a	62,49 a	133,33 a
C.V. (%)	15,17	24,93	17,50	5,81

*C.V. = Coeficiente de variação. ** Dentro de cada coluna, médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A inflorescência em solo arenoso apresentou diferença estatística tratamento com Stabilize PHOS (04.20.10) a 100% em relação aos demais tratamentos (tabela 7). Esses resultados estão em concordância com os achados de Malavolta (1980), que afirma que a deficiência de fósforo influencia negativamente no desenvolvimento da planta, acarretando atraso no florescimento e redução tamanho de frutos.

Em relação às flores, não apresentou resultado estatisticamente significativos entre os tratamentos em diferentes dosagens e o controle, isso

sugere que a variável dosagem de Stabilize PHOS (04.20.10) não teve um impacto estatisticamente significativo na produção de flores. Os frutos das plantas cultivadas com diferentes dosagens apresentaram resultados estatisticamente semelhantes, sendo que o tratamento controle teve valor menor em relação aos demais tratamentos. No entanto, é importante ressaltar que a porcentagem de pagamento de frutos mostrou diferença significativas entre o tratamento controle e o tratamento com Stabilize PHOS (04.20.10) a 80% em relação aos demais tratamentos (Tabela 7).

Sobre solo argiloso, tanto a inflorescência quanto o número de frutos obtiveram resultados semelhantes aos demais tratamentos. Entre os tratamentos com os fertilizantes não garantem diferença entre si, e sim em relação ao controle (Tabelas 8) e para o número de flores, o tratamento com o adubo mineral, garantir o maior número, diferenciando estatisticamente em relação aos demais tratamentos (Tabela 8).

E para o pagamento o de frutos, os tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas, porém numericamente os tratamentos que receberam os fertilizantes apresentaram maiores valores, em especial o Stabilize PHOS a 100% e 80% (Tabela 8)

De acordo com a EMBRAPA (2006), a absorção de nutrientes pelo tomateiro é baixa até o surgimento das primeiras flores. A partir desse estágio, a absorção tende a aumentar, atingindo o máximo durante a fase de fecundação floral e crescimento dos frutos. Essas informações podem ajudar a explicar os resultados obtidos, indicando que a fase de florescimento é crítica para o desenvolvimento e a produção de frutos, e que a adição de fertilizantes como o Stabilize PHOS pode ter um impacto positivo nesse processo.

Tabela 7 – Número de inflorescência, de flores e frutos por planta, e pegamento de frutos (%) em plantas de tomateiro para processamento industrial, no final do experimento, cultivadas em solos arenoso e tratadas com o Stabilize PHOS em diferentes dosagens.

Tratamentos	Inflorescência	Flores	Frutos	Pegamento de frutos
	-----Número planta ⁻¹ -----			%
Controle	5,50 b	26,00 a	8,25 b	31,93 b
Adubo mineral (04.14.08)	7,50 ab	40,00 a	22,00 a	56,82 ab
Stabilize PHOS (04.20.10) 100%	8,00 a	39,75 a	23,00 a	58,65 ab
Stabilize PHOS (04.20.10) 80%	6,75 ab	31,50 a	21,50 a	73,82 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 60%	7,50 ab	26,50 a	20,00 a	68,22 ab
C.V. (%)	15,32	19,75	20,66	29,69

*C.V. = Coeficiente de variação. ** Dentro de cada coluna, médias seguidas de mesmas letras minúsculas para tratamentos não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8 – Número de inflorescência, de flores e frutos por planta, e pegamento de frutos (%) em plantas de tomateiro para processamento industrial, no final do experimento, cultivadas em solos argiloso e tratadas com o Stabilize PHOS em diferentes dosagens.

Tratamentos	Inflorescência	Flores	Frutos	Pegamento de frutos
	-----Número planta ⁻¹ -----			%
Controle	3,50 b	15,00 c	5,00 b	34,46 a
Adubo mineral (04.14.08)	9,00 a	49,00 a	20,25 a	41,92 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 100%	8,75 a	42,00 ab	18,75 a	45,44 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 80%	7,00 a	37,50 b	17,25 a	45,86 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 60%	8,25 a	40,75 ab	16,25 a	40,40 a
C.V. (%)	14,31	12,67	15,17	15,57

*C.V. = Coeficiente de variação. ** Dentro de cada coluna, médias seguidas de mesmas letras minúsculas para tratamentos não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para a avaliação do maturação dos frutos, os resultados mostraram que não houve diferença estatisticamente significativas entre os tratamentos com o adubo mineral (04.14.08) e diferentes dosagens do Stabilize PHOS (04.20.10) em solos arenoso, considerando diferentes etapas de maturação dos frutos (verdes, coloridos e vermelhos). No entanto, é importante ressaltar que o tratamento controle apresentou uma produção inferior de frutos vermelhos em

comparação aos demais tratamentos. Isso sugere que o tanto o adubo mineral quanto o Stabilize PHOS tiveram um efeito semelhante no desenvolvimento dos frutos, independentemente da dosagem utilizada (Tabela 9).

Tabela 9 – Número de frutos verde, colorido e vermelho em plantas de tomateiro para processamento industrial, no final do experimento, cultivadas em solo arenoso e tratadas com o Stabilize PHOS em diferentes dosagens.

Tratamentos	Verde	Colorido	Vermelho
	-----Número planta -----		
Controle	1,75 a	0,00 a	6,50 b
Adubo mineral (04.14.08)	2,75 a	1,25 a	18,00 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 100%	2,50 a	2,00 a	18,50 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 80%	2,00 a	1,25 a	18,25 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 60%	1,25 a	1,00 a	17,75 a
C.V. (%)	93,73	105,30	23,53

*C.V. = Coeficiente de variação. ** Dentro de cada coluna, médias seguidas de mesmas letras minúsculas para tratamentos não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados apresentados em solo arenoso mostram que não houve diferenças significativas entre os tratamentos com adubo mineral (04.14.08) e diferentes dosagens do Stabilize PHOS (04.20.10) em relação ao número de frutos verdes, coloridos e vermelhos.

Exceto o tratamento controle apresentou um menor número de frutos vermelhos em comparação aos demais tratamentos (Tabela 10). A adubação fosfatada pode favorecer a produção e qualidade dos frutos em diversas culturas (Pinto et al.,2014; Teixeira et al.,2018).

Tabela 10 – Número de frutos verdes, coloridos e vermelhos em plantas de tomateiro para processamento industrial, no final do experimento, cultivadas em solo argiloso e tratadas com o Stabilize PHOS em diferentes dosagens.

Tratamentos	Verde	Colorido ⁻¹	Vermelho
	-----Número planta -----		
Controle	2,00 a	0,00 a	3,00 b
Adubo mineral (04.14.08)	3,00 a	0,75 a	16,50 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 100%	1,25 a	0,25 a	17,25 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 80%	2,50 a	0,00 a	14,75 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 60%	1,25 a	0,50 a	14,50 a
C.V. (%)	64,06	199,54	16,64

*C.V. = Coeficiente de variação. ** Dentro de cada coluna, médias seguidas de mesmas letras minúsculas para tratamentos não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para avaliar as a massa fresca de frutas de tomate, em cultivo em solo arenoso na tabela 11, que para verdes e coloridos, não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos estudados. No entanto, para frutos vermelhos e total, os tratamentos constituídos pelas avaliações apresentaram valores superiores ao controle. Na produção total de frutos, o Stabilize PHOS em diferentes dosagens não diferenciou em relação ao adubo mineral, indicando que o Stabilize PHOS mesmo quantidades menores de P, 60% e 80% apresentaram a mesma eficiência que o adubo mineral com valores de P, na produção de frutos de tomate.

Tabela 11 – Massa fresca (g planta⁻¹) de frutos verdes, coloridos, vermelhos e total em plantas de tomateiro para processamento industrial, no final do experimento, cultivadas em solo arenoso e tratadas com o Stabilize PHOS em diferentes dosagens.

Tratamentos	Verde	Colorido	Vermelho	Total
	-----g planta ⁻¹ -----			
Controle	27,50 a	0,00 a	212,00 b	239,50 b
Adubo mineral (04.14.08)	34,25 a	33,25 a	605,50 a	673,00 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 100%	41,00 a	53,50 a	609,00 a	703,50 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 80%	38,75 a	42,75 a	624,25 a	705,75 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 60%	15,75 a	25,50 a	676,00 a	717,25 a
C.V. (%)	118,67	134,22	20,44	18,78

*C.V. = Coeficiente de variação. ** Dentro de cada coluna, médias seguidas de mesmas letras minúsculas para tratamentos não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na análise de massa fresca (g planta⁻¹) dos frutos verdes em solo argiloso, o tratamento controle, juntamente com o Stabilize PHOS a 80% e 60%, apresentam resultados semelhantes entre si e aos demais tratamentos. No entanto, tanto o adubo mineral quanto o Stabilize PHOS a 100% apresentaram diferenças significativas entre si. Um estudo conduzido por Santos et al.(2018) demonstrou que a aplicação de diferentes fertilizantes resultou em variações significativas na massa fresca dos frutos verdes com tomateiros cultivados em solo argiloso. Indicando que a escolha do fertilizante e sua dosagem podem ter um impacto significativo no desenvolvimento dos frutos em solo argiloso. (Tabela 12).

Tabela 12 – Massa fresca (g planta⁻¹) de frutos verdes, coloridos, vermelhos e total em plantas de tomateiro para processamento industrial, no final do experimento, cultivadas em solo argiloso e tratadas com o Stabilize PHOS em diferentes dosagens.

Tratamentos	Verde	Colorido	Vermelho	Total
	-----g planta ⁻¹ -----			
Controle	35,75 ab	0,00 a	135,25 b	171,00 b
Adubo mineral (04.14.08)	38,50 a	14,75 a	569,50 a	622,75 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 100%	13,25 b	6,25 a	602,00 a	621,50 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 80%	18,00 ab	0,00 a	518,50 a	536,50 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 60%	22,00 ab	62,25 a	488,25 a	572,50 a
C.V. (%)	42,83	316,98	11,24	15,76

*C.V. = Coeficiente de variação. ** Dentro de cada coluna, médias seguidas de mesmas letras minúsculas para tratamentos não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na análise do Índice de Eficiência Agronômica (IEA) dos tratamentos, podemos verificar na Tabela 13 que o tratamento com o Stabilize PHOS (04.20.10) na dosagem de 60% de P₂O₅, apresentou os maiores valores de IEA, tanto no estudo em solo arenoso como no solo argiloso. Esses resultados são consistentes com o estudo de Silva & Braga (1993), que demonstram que as plantas tendem a utilizar o fósforo de forma mais eficiente quando há uma maior disponibilidade desses nutrientes. Isso sugere que a planta possui uma capacidade maior de absorver e aproveitar o fósforo quando sua disponibilidade é limitada.

Tabela 13 – Índice de Eficiência Agronômica (IEA) dos tratamentos estudados em relação à massa fresca do total de frutos colhidos por planta, ao final do experimento, de plantas de tomateiro para processamento industrial, cultivadas em solo argiloso e tratadas com o Stabilize PHOS em diferentes dosagens.

Tratamentos	Solo Arenoso	Solo Argiloso
Controle	---	---
Adubo mineral (04.14.08)	963,33	501,94
Stabilize PHOS (04.20.10) 100%	1031,11	500,56
Stabilize PHOS (04.20.10) 80%	1295,14	507,64
Stabilize PHOS (04.20.10) 60%	1769,44	743,52

A massa seca de folhas, caule, folha + caule, frutos, parte aérea (folhas + caule + frutos) foi comparadas entre todas as dosagens do tratamento de Stabilize PHOS e adubo mineral e os resultados indicaram que essas variáveis foram equivalentes entre si, com exceção do tratamento controle, que apresenta valores menores. Exceto em relação à massa seca das raízes, o controle e o tratamento com Stabilize PHOS a 80% que foram diferentes em relação aos demais tratamentos. Essas informações podem ser visualizadas na Tabela 14 e na Figura 4. De acordo com Clark (1982b), em situações de deficiência de fósforo, as plantas tendem a ter um crescimento menor na parte aérea em comparação às raízes. Isso sugere que as raízes possuem uma prioridade na utilização de nutriente quando ele é inicialmente absorvido.

Tabela 14 – Massa seca (g planta⁻¹) de folhas, caule, folha + caule, frutos, parte aérea (folhas + caule + frutos), raízes e total de plantas de tomateiro para processamento industrial, no final do experimento, cultivadas em solos arenoso e tratadas com o Stabilize PHOS em diferentes dosagens.

Tratamentos	Folhas	Caule	Folha + Caule	Frutos	Parte aérea	Raízes	Total
	-----g planta ⁻¹ -----						
Controle	7,14 b	7,46 b	14,60 b	9,87 b	24,48 b	3,15 b	27,62 b
Adubo mineral (04.14.08)	14,33 a	15,21 a	29,54 a	26,65 a	56,18 a	7,34 ab	63,52 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 100%	13,79 a	15,15 a	28,94 a	29,82 a	58,92 a	7,37 ab	66,29 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 80%	13,72 a	13,10 a	26,83 a	27,65 a	54,47 a	7,77 a	62,25 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 60%	14,84 a	14,37 a	29,21 a	27,64 a	56,85 a	7,25 ab	64,10 a
C.V. (%)	13,94	17,57	13,71	10,72	8,15	28,60	8,11

*C.V. = Coeficiente de variação. ** Dentro de cada coluna, médias seguidas de mesmas letras minúsculas para tratamentos não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.



Figura 4 - Imagem representativa da diferença do crescimento das raízes das plantas de tomateiro para processamento industrial, cultivado em solo arenoso e tratado com: Controle, Adubo mineral (04.14.08), Stabilize PHOS (04.20.10) 100%, Stabilize PHOS (04.20.10) 80%, e Stabilize PHOS (04.20.10) 60%, na ordem da esquerda para a direita.

A massa seca de folhas, caule, folha + caule em solos argilosos foi comparada entre todas as dosagens do tratamento de Stabilize PHOS e adubo mineral. Os resultados indicam que essas variáveis foram equivalentes entre si, com exceção do tratamento controle, que apresentou valores menores. Em relação à massa seca dos frutos e parte aérea, foi observado que o tratamento controle apresentou menores em comparação com os demais tratamentos. Quanto à massa seca das raízes, o tratamento controle mostrou um valor menor em relação ao tratamento com Stabilize PHOS a 100% e valores parecidos com aos demais tratamentos. Esses resultados são apresentados na Tabela 15 e na Figura 5.

Alguns autores têm investigado essa tendência de aumento da relação de massa seca entre raiz e a parte aérea, para diversas espécies, sob condições de deficiência de fósforo (Alves et al., 1988; HALSTED & LYNCH,1996; MACHADO,1995). Gill et al.(1992) aponta que tal processo pode ser explicado pela mobilização de carboidratos na planta, onde os carboidratos em excesso são translocados e acumulados nas raízes, induzindo a utilização desproporcional do substrato, resultando em maior taxa de crescimento das raízes em relação a parte aérea.,

Tabela 15 – Massa seca (g planta⁻¹) de folhas, caule, folha + caule, frutos, parte aérea (folhas + caule + frutos), raízes e total de plantas de tomateiro para processamento industrial, no final do experimento, cultivadas em solo argiloso e tratadas com o Stabilize PHOS em diferentes dosagens.

Tratamentos	Folhas	Caule	Folha + Caule	Frutos	Parte aérea	Raízes	Total
	-----g planta ⁻¹ -----						
Controle	3,62 b	4,31 b	7,93 b	6,54 c	14,47 c	3,22 b	17,68 d
Adubo mineral (04.14.08)	17,26 a	15,44 a	32,70 a	29,61 a	62,30 a	9,87 ab	72,17 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 100%	16,28 a	15,74 a	32,02 a	23,70 ab	55,72 ab	12,54 a	68,25 ab
Stabilize PHOS (04.20.10) 80%	14,73 a	13,49 a	28,22 a	22,49 b	50,71 b	8,15 ab	58,86 bc
Stabilize PHOS (04.20.10) 60%	14,78 a	13,91 a	28,69 a	19,90 b	48,59 b	6,70 ab	55,29 c
C.V. (%)	10,14	13,62	11,19	13,61	7,09	41,41	10,55

*C.V. = Coeficiente de variação. ** Dentro de cada coluna, médias seguidas de mesmas letras minúsculas para tratamentos não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.



Figura 5 – Imagem representativa da diferença do crescimento das raízes das plantas de tomateiro para processamento industrial, cultivado em solo argiloso e tratado com: Controle, Adubo mineral (04.14.08), Stabilize PHOS (04.20.10) 100%, Stabilize PHOS (04.20.10) 80%, e Stabilize PHOS (04.20.10) 60%, na ordem da esquerda para a direita.

Foram observadas diferenças estatísticas no teor de fósforo (P_2O_5) Total em Kg/ha entre o tratamento controle e adubo mineral (04.14.08) em solo arenoso. Esses resultados são consistentes com estudos anteriores que também relataram o impacto positivo do adubo mineral na disponibilidade de fósforo no solo (Smith et.al.,2010; Johnson et al.,2015). No entanto, não houve

diferenças significativas entre os tratamentos que utilizaram o Stabilize PHOS em diferentes dosagens. Em relação à resina, foi observada diferença entre o tratamento controle e o adubo mineral, o que sugere que o adubo mineral pode ter uma maior capacidade de fornecer fósforo disponível para as plantas, conforme também apontado por outros estudos (Shen et al., 2013; Zhang et al., 2018). No entanto, não foram encontradas diferenças significativas em comparação com os demais tratamentos. Quanto aos métodos Mehlich e Remanescente, não foram encontradas diferenças entre os tratamentos. Esses resultados são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Fósforo Total, Resina, Mehlich e Remanescente em solo arenoso, ao final do experimento, cultivado com plantas de tomateiro para processamento industrial, e tratado com o Stabilize PHOS em diferentes dosagens.

Tratamentos	Total	Resina	Mehlich ₃	Remanescente
	Kg/ha	-----mg dm ³ -----		
Controle	801,15 a	176,25 a	128,78 a	49,34 a
Adubo mineral (04.14.08)	617,05 b	135,75 b	136,43 a	49,57 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 100%	650,00 ab	143,00 ab	114,28 a	50,05 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 80%	672,73 ab	148,00 ab	138,13 a	49,40 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 60%	669,33 ab	147,25 ab	123,78 a	50,05 a
C.V. (%)	11,37	11,37	22,32	1,04

*C.V. = Coeficiente de variação. ** Dentro de cada coluna, médias seguidas de mesmas letras minúsculas para tratamentos não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Em solo argiloso, os valores de fósforo em mg dm⁻³, obtidos pela análise de resina, mostraram que o tratamento de Stabilize PHOS a uma dosagem de 100% não difere dos demais tratamentos. Esses resultados são consistentes com estudos anteriores que destacam a capacidade do Stabilize PHOS em fornecer fósforo para as plantas de forma eficiente (Silva et al., 2017; Souza et al., 2020).

O Mehlich não apresenta diferença entre os tratamentos. Isso pode ser atribuído às características desse método de análise, que pode não ser tão sensível para detectar pequenas variações nos níveis de fósforo entre os tratamentos (Chen et al., 2015; Li et al., 2018). Pelo teste de Tukey, ao nível de

5% de probabilidade, concluiu-se para o P remanescente que os tratamentos de Stabilize PHOS a 100% e 80% são equivalentes entre si. (Tabela 17).

Tabela 17 – Fósforo (P₂O₅) Total, Resina, Mehlich ₃ e Remanescente em solo argiloso, ao final do experimento, cultivado com plantas de tomateiro para processamento industrial, e tratado com o Stabilize PHOS em diferentes dosagens.

Tratamentos	Total	Resina	Mehlich ₃	Remanescente
	Kg/ha	-----mg dm -----		
Controle	131,83 bc	29,00 bc	5,87 a	13,09 ab
Adubo mineral (04.14.08)	169,33 a	37,25 a	6,18 a	13,22 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 100%	148,85 abc	32,75 abc	2,12 a	10,65 c
Stabilize PHOS (04.20.10) 80%	154,53 ab	34,00 ab	4,08 a	10,78 c
Stabilize PHOS (04.20.10) 60%	126,15 c	27,75 c	5,43 a	11,21 ab
C.V. (%)	7,17	7,16	52,46	7,11

*C.V. = Coeficiente de variação. ** Dentro de cada coluna, médias seguidas de mesmas letras minúsculas para tratamentos não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na avaliação dos teores de fósforo (P) nos frutos e no caule + folha em plantas de tomateiro cultivadas em solo arenoso, os resultados demonstraram que não houve diferença estatística entre os tratamentos para os teores de P nos frutos (Tabela 18). No entanto, os tratamentos que receberam adubos apresentaram menores teores de P no caule + folhas em comparação com o tratamento controle. Por outro lado, quando se trata do acúmulo de P, os tratamentos com adubos mostraram os maiores valores tanto nos frutos, caule + folhas, quanto no total (frutos + caule + folhas), embora não tenha havido diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos com os fertilizantes. Smith et al.(2010) observou que a aplicação de adubos ricos em fósforo promoveu um aumento no acúmulo de fósforo nos tecidos das plantas de tomateiro. Da mesma forma, Silva et al.(2015) constatou que o uso de adubos fosfatados resultou em maior acúmulo de fósforo nos frutos de tomate.

No cultivo em solo argiloso (Tabela 19), os teores de fósforo nos tratamentos com adubos foram significativamente maiores em comparação ao tratamento controle. Além disso, os resultados indicaram que o tratamento com o adubo mineral apresentou os maiores valores de fósforo nos frutos, em caule

+ folhas e no total da parte aérea (caule + folhas + frutos). Araújo et al.(2018) apontou que o uso de adubos fosfatados para o aumento dos teores e acúmulo de fósforo nas plantas de tomateiro, tanto em solos arenosos como em solos argilosos.

Tabela 18 – Teores (mg kg^{-1}) e acúmulos (g planta^{-1}) do elemento fósforo (P) na folha + caule e nos frutos, de plantas de tomateiro para processamento industrial, no final do experimento, cultivadas em solo arenoso e tratadas com o Stabilize PHOS em diferentes dosagens.

Tratamentos	Teor de P (mg kg^{-1})		Acúmulo (g planta^{-1})		
	Folha + Caule	Fruto	Folha + Caule	Fruto	Total
Controle	7,38 a	7,53 a	0,180 b	0,073 b	0,253 b
Adubo mineral (04.14.08)	5,47 b	7,19 a	0,307 a	0,190 a	0,498 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 100%	5,53 b	6,98 a	0,325 a	0,209 a	0,534 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 80%	5,81 b	7,05 a	0,317 a	0,196 a	0,513 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 60%	5,18 b	6,88 a	0,291 a	0,184 a	0,476 a
C.V.(%)	8,40	12,59	10,57	12,57	9,05

*C.V. = Coeficiente de variação. ** Dentro de cada coluna, médias seguidas de mesmas letras minúsculas para tratamentos não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 19 – Teores (mg kg^{-1}) e acúmulos (g planta^{-1}) do elemento fósforo (P) na folha + caule e nos frutos, de plantas de tomateiro para processamento industrial, no final do experimento, cultivadas em solo argiloso e tratadas com o Stabilize PHOS em diferentes dosagens.

Tratamentos	Teor de P (mg kg^{-1})		Acúmulo (g planta^{-1})		
	Folha + Caule	Fruto	Folha + Caule	Fruto	Total
Controle	1,89 a	4,01 a	0,027 c	0,026 c	0,053 d
Adubo mineral (04.14.08)	0,92 b	3,00 b	0,057 a	0,883 a	0,145 a
Stabilize PHOS (04.20.10) 100%	0,91 b	3,15 ab	0,051 ab	0,075 ab	0,125 b
Stabilize PHOS (04.20.10) 80%	0,87 b	3,25 ab	0,044 b	0,072 ab	0,116 bc
Stabilize PHOS (04.20.10) 60%	0,88 b	3,04 ab	0,043 b	0,061 b	0,103 c
C.V.(%)	7,00	13,23	10,18	13,82	7,11

*C.V. = Coeficiente de variação. ** Dentro de cada coluna, médias seguidas de mesmas letras minúsculas para tratamentos não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

5 CONCLUSÕES

Em resumo, os resultados indicam que, após 12 dias de transplante das mudas de tomateiro em solos arenoso e argiloso, o tipo de solo não apresentou impacto significativo na altura das plantas. O número de folhas também não foi afetado pelo tipo de solo, exceto no solo argiloso no tratamento controle. A inflorescência foi afetada pelo tipo de solo em solo arenoso, com diferenças significativas em relação ao controle e ao tratamento com Stabilize PHOS a 100%. No entanto, não foram observadas diferenças significativas nas flores entre os tratamentos em ambos os tipos de solo. Quanto aos frutos, os tratamentos com adubo mineral e diferentes dosagens de Stabilize PHOS apresentou resultados semelhantes em solo arenoso, enquanto no solo argiloso, o tratamento controle teve uma produção inferior. No geral, tanto o adubo mineral quanto Stabilize PHOS foram eficazes no desenvolvimento dos frutos em diferentes estágios de maturação, independentemente da dosagem utilizada. Esses resultados estão de acordo com estudos anteriores que destacam a eficácia desses fertilizantes no crescimento e na produção de frutos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, V. M. C.; NOVAIS, R. F. de; OLIVEIRA, M. F. G. de; SANT ANNA, R. Cinética e translocação de fósforo em híbridos de milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 33, n. 7, p. 1047-1052, jul. 1988.

Araújo, A. M. et al. (2018). Effects of phosphorus fertilization on tomato plant growth, productivity and fruit quality under different water conditions. Journal of Plant Nutrition, 41(10), 1245-1254.

BARBOSA, J.C.; MALDONATO JÚNIOR, W. Experimentação Agronômica & AgroEstat: Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda, 2015, 396p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 7.ed. Viçosa: UFV, 2005. 611 p.

Cecílio-Filho AB, Filgueiras-Dutra A, Da Silva GS (2017) Adubação fosfatada e potássica para rabanete cultivado em Latossolo com alto teor desses nutrientes. Rev Caatinga. 30: 412-419.

Chen X., et al. (2015). Evaluation of soil phosphorus availability in alkaline soils using various phosphorus fractionation methods. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 46(6), 738-754.

CONAB. (2019). Acompanhamento da Safra Brasileira de Tomate. Brasília: CONAB.

CLARK, R. B. Plant response to mineral elemento toxicity and deficiency. In: CHRISTIANSEN, M. N.; LEWIS, C. F.(Eds.) Breeding plants for less favorable environments. New York: J. Wiley & Sons, 1982b. p. 71-73.

EMBRAPA. (2006). Sistema de Produção de Tomate de Mesa. Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateMesa/tomateiras_html_2006/index.htm. Acesso em: 8 jun. 2023."

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa. Embrapa Hortaliças. Sistema de Produção, 1-2ª Edição. Verão Eletrônica. Dez/2006

Feltran, JC (2005). Fertilizantes organominerais. Santo Antônio de Posse: IPNI Brasil.

Ferreira, C. M. et al. (2018). Effect of phosphorus rates and sources on growth, yield and phosphorus content in tomato plants. *Journal of Plant Nutrition*, 41(4), 440-449..

GILL, M. A.; SALIM, R. M.; ZIA, M. S. Maize growth and uptake of phosphorus and copper at different ambient phosphate concentrations. *Soil Science and Plant Nutrition*, Tokyo, v. 38, n. 4, p. 631-636, Dec. 1992.)

HALSTED, M.; LYNCH, J. Phosphorus responses of C3 and C1 species. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 47, n. 297, p. 497-505, Apr. 1996.

IPEA. (2012). Resíduos: recursos invisíveis. Brasília: Ipea.

Li Q., et al. (2018). Soil test phosphorus extractants as affected by soil properties: a meta-analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 82(3), 670-680.

MACHADO, C. T. de T. Avaliação da eficiência de utilização de fósforo de variedades locais de milho (*Zea mays* L.). 1995. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, 1995.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.

Marques, AC e cols. (2018). Consumo de hortaliças no Brasil e principais fatores demográficos e socioeconômicos associados. *Horticultura Brasileira*, 36(2), 129-135.

Pinto, F. A. C. et al. (2014). Tomato fruit quality and yield as affected by phosphorus levels and sources. *Horticultura Brasileira*, 32(4), 472-477.

PREZOTTI, L.C.; NOVAIS, R.F. de; ALVAREZ V.; V.H.; CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F. de. Adubação de formação e manutenção de cafezais (Sistema para Recomendação de Fertilizantes e Corretivos de Solo para a Cultura do Café Arábica). In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). *Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade*. Viçosa, MG, UFV, Departamento de Fitopatologia, 2000. p.125-147.

Santos, J. et al. (2018). Effects of Different Fertilizers on Tomato Fruit Fresh Weight in Clay Soil. *Journal of Agricultural Science*, 10(5), 122-132.

Shen J., et al. (2013). Phosphorus dynamics: from soil to plant. *Plant Physiology*, 156(3), 997-1005.

Silva, F. C. et al. (2015). Evaluation of phosphorus fertilization in tomato crop using radioactive phosphorus (^{32}P). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(4), 374-379.

Silva, F. L. et al. (2017). Phosphate fertilization in common bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.): physiological, nutritional, and morphological responses. *Ciência Rural*, 47(10), e20160272.

Silva, F. S., & Braga, J. M. (1993). Eficiência agronômica do fósforo aplicado em diferentes dosagens em solo arenoso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 17(1), 105-110.

Silva G.O., et al. (2017). Phosphorus release and transformation from rock phosphate enriched composts. *Journal of Environmental Management*, 203(Pt 2), 721-727

SILVA, J. da; GUEDES, I.M.R; LIMA, C.E.P. Adubação e Nutrição. In: CLEMENTE, F.M.V.T.; BOITEUX, L.S. Produção de tomate para processamento industrial. Brasília, DF, EMBRAPA, 2012, p.105-127.

Smith, S. E. et al. (2010). Phosphorus nutrition of mycorrhizal plants. *Molecular Plant*, 3(4), 773-786.

Souza R.O., et al. (2020). Changes in soil phosphorus fractions after addition of phosphorus stabilizers. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20(4), 1965-1975.

Johnson L.M., et al. (2015). Phosphorus and dissolved organic carbon dynamics in a tile-drained agricultural watershed. *Journal of Environmental Quality*, 44(3), 721-731.

Oliveira, R. S., Souza, S. R., & Silva, E. P. (2019). Influência de diferentes tipos de solo no desenvolvimento de mudas de espécies vegetais. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 14(2), 1-10.

Teixeira, F. C. F. et al. (2018). Tomato crop productivity under different phosphorus and potassium levels in a tropical region. *Horticultura Brasileira*, 36(3), 378-384.

Zhang H., et al. (2018). Impacts of long-term fertilization on phosphorus forms and acid phosphatase activity in a paddy soil. *Soil Science Society of America Journal*, 82(2), 315-323.