

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTÍMULO DO FERTILIZANTE A BASE DE AMINOÁCIDOS
NA ABSORÇÃO DE NUTRIENTES E NO CRESCIMENTO DO
TOMATEIRO**

Aliane Medeiros Carvalho
Engenheira Agrônoma

2020

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTÍMULOS DO FERTILIZANTE A BASE DE AMINOÁCIDOS
NA ABSORÇÃO DE NUTRIENTES E NO CRESCIMENTO DO
TOMATEIRO**

Discente: Aliane Medeiros Carvalho

Orientador: Prof. Dr. Jáiro Osvaldo Cazetta

Co-orientador: Dr. Marcos Donizeti Revoredo

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciências do Solo).

C331e

Carvalho, Aliane Medeiros

Estímulos do fertilizante a base de aminoácidos na absorção de nutrientes e no crescimento do tomateiro / Aliane Medeiros Carvalho.

-- Jaboticabal, 2020

33 p. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Jáiro Osvaldo Cazetta

Coorientadora: Marcos Donizeti Revoredo

1. Ciências do solo. 2. Aminoácidos. 3. Bioestimulante. 4.
Soil-Plex®Fert. 5. Solanum lycopersicum. I. Título.

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



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ESTÍMULOS DO FERTILIZANTE A BASE DE AMINOÁCIDOS NA ABSORÇÃO DE NUTRIENTES E NO CRESCIMENTO DO TOMATEIRO


AUTORA: ALIANE MEDEIROS CARVALHO

ORIENTADOR: JÁIRO OSVALDO CAZETTA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JÁIRO OSVALDO CAZETTA
Departamento de Tecnologia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

p/ 
Profa. Dra. LINNAJARA DE VASCONCELOS MARTINS FERREIRA (VIDEOCONFERÊNCIA)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará / IFPA - Marabá/PA

p/ 
Profa. Dra. LUCIANA CRISTINA SOUZA MERLINO (VIDEOCONFERÊNCIA)
Centro Universitário de Rio Preto / UNIRP - São José do Rio Preto/SP

Jaboticabal, 04 de setembro de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Aliane Medeiros Carvalho, nascida em 03 de outubro de 1988 no município de Marabá-PA. Filha de Maria Aparecida de Medeiros e Antônio Quirino de Carvalho. Em 2007 formou no Curso TÉCNICO EM AGROPECUÁRIA pela Escola Agrotécnica Federal de Araguatins-TO. Exerceu a profissão por três anos com assistência técnica na agricultura familiar. Em fevereiro de 2011 ingressou no curso de ENGENHARIA AGRONÔMICA no Instituto Federal do Tocantins - *Campus* Araguatins, realizando atividades de estágio e monitoria remunerada, como também atividade de pesquisa e extensão ao longo dos cinco anos de duração do curso. Em 2015 exerceu trabalho autônomo para a empresa de Serviço de Aprendizagem Rural (SENAR-TO). Por nomeação em concurso público em 2016, contribuiu na Secretaria de Meio Ambiente no município de Ulianópolis-PA e em 2017 atuou no Instituto Federal do Pará - *Campus* Rural Marabá como Técnica em Agropecuária. Atualmente tem o cargo de Técnica em Laboratório/Agropecuária nessa mesma instituição. Em fevereiro de 2018 com uma parceria entre UNESP/IFPA teve a oportunidade de ingressar no mestrado MINTER na Pós Graduação em AGRONOMIA (Ciências do Solo) pela Universidade Estadual Paulista/Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - *Campus* Jaboticabal.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar força e coragem para prosseguir em mais uma etapa da minha vida;

À minha família pelo incentivo e por acreditarem em mim;

À Universidade Estadual Paulista/Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - *Campus* Jaboticabal e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará por contribuir para a realização deste trabalho e com minha formação profissional;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazetta, pela orientação, e o coorientador Marcos Donizetti Revoredo pela paciência, dedicação apoio e incentivo na elaboração deste trabalho;

Aos professores Jairo Osvaldo Cazetta, José Eduardo P. Turco, Renato de Mello Prado, Rouverson Pereira da Silva, Rogério Teixeira de Faria, Walter Maldonado Junior, Marcelo da Costa Ferreira que muito contribuíram para minha formação profissional e pessoal, saindo do conforto do seu lar para ministrar aula em Castanhal-PA;

Aos amigos, que me acompanharam nesta caminhada. A todos que, de alguma forma, me ajudaram a vencer este desafio;

Sou grata a todos que contribuíram para a conclusão de mais esta etapa da minha vida.

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO.....	i
ABSTRACT	ii
LISTA DE TABELA.....	iii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Aminoácidos na Agricultura.....	3
2.2 Utilização de aminoácidos pelas plantas	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	7
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
5. CONCLUSÕES	20
6. REFERÊNCIAS.....	21

ESTÍMULO DO FERTILIZANTE A BASE DE AMINOÁCIDOS NA ABSORÇÃO DE NUTRIENTES E NO CRESCIMENTO DO TOMATEIRO

RESUMO - Os aminoácidos são biomoléculas que quando fornecido na rizosfera das plantas podem proporcionar alta disponibilidade biológica, alta estabilidade e solubilidade, aumentando a absorção de nutrientes pelas plantas. O objetivo do trabalho é avaliar a utilização de fertilizante a base de aminoácidos, aplicado ao solo e em sistema de hidroponia, analisando a disponibilização de nutrientes com absorção radicular por meio do teor e acúmulo de nutrientes e o crescimento de plantas de tomateiro. Para os estudos foram realizados dois experimentos com a cultura do tomate. Experimento 1: Foi cultivo em solo, com o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2x3, com quatro repetições, totalizando 24 parcelas experimentais. Os tratamentos foram solo com e sem adução e doses do fertilizante a base de aminoácidos Soil-Plex® Fert (0, 2 e 4 L ha⁻¹). Experimento 2: Foi cultivo em hidroponia, em DIC com três tratamentos, dose de (0, 2 e 4 L ha⁻¹) Soil-Plex® Fert e 8 repetições. As variáveis analisadas foram fertilidade do solo, teor e acúmulo de nutrientes na parte aérea e massas secas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo que nos casos em que o teste F foi significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O fertilizante atuou como um bioestimulante no crescimento da planta, pois as concentrações utilizadas eram muito baixas, aumentou os acúmulos de N e P em cultivo em solo, e os acúmulos de N, Ca, Mg, P, S, Fe, Mn Zn e Cu em cultivo hidroponia.

Palavras-chave: Bioestimulante, Soil-Plex® Fert, *Solanum lycopersicum*.

STIMULUS OF AMINO ACID-BASED FERTILIZER IN NUTRIENT ABSORPTION AND GROWTH OF THE TOMATO PLANT

ABSTRACT – Amino acids are biomolecules that can provide high biological availability, stability and solubility, thereby increasing nutrient absorption by plants. The aim of this study was to assess the use of amino acid-based fertilizers applied to soil and in a hydroponic system, analyzing nutrient availability with root absorption using nutrient content and accumulation and tomato plant growth. Two experiments were performed with tomato. Experiment 1: grown in soil, using a completely randomized design (CRD) in a 2x3 factorial scheme, with four repetitions, totaling 24 experimental plots. The treatments were soil with and without fertilizer and doses of fertilizer containing Soil-Plex® Fert amino acids (0, 2 and 4 L ha⁻¹). Experiment 2: grown in a hydroponic system, under CRD with three treatments, Soil-Plex® Fert dose of 0, 2 and 4 L ha⁻¹ and 8 repetitions. The variables analyzed were soil fertility, shoot nutrient content and accumulation and dry weight. The data obtained were submitted to analysis of variance, and in cases in which the F-test was significant, means were compared using Tukey's test at 5% probability. The fertilizer acted as a biostimulant in plant growth, since the concentrations used were very low, increased soil N and P accumulations and N, Ca, Mg, P, S, Fe, Mn Zn and Cu in the hydroponic system.

Keywords: Biostimulant, Soil-Plex® Fert, *Solanum lycopersicum*

LISTA DE TABELA

	Páginas
Tabela 01- Característica do solo utilizado no experimento.....	07
..	
Tabela 02- Avaliação da aplicação do fertilizante Soil-Plex® Fert na fertilidade do solo cultivado tomate.....	10
Tabela 03- Desdobramento da interação entre as doses do Soil-Plex® Fert e a adubação, para o pH do solo cultivado tomate.....	11
..	
Tabela 04- Desdobramento da interação entre as doses do Soil-Plex® Fert e a adubação para o Enxofre disponível cultivado tomate.	11
Tabela 05- Desdobramento da interação entre as doses do Soil-Plex® Fert e a adubação para o Boro disponível no solo cultivado tomate.....	12
Tabela 06- Desdobramento da interação entre as doses do Soil-Plex® Fert e a adubação para o Manganês disponível no solo cultivado tomate.....	12
Tabela 07- Avaliação da aplicação do fertilizante Soil-Plex® Fert nos teores de nutrientes da parte aérea de tomateiro cultivado em solo.....	13
Tabela 08- Desdobramento da interação entre as doses do Soil-Plex® Fert e a adubação no teor de Zinco da parte aérea de tomateiro cultivado em solo.....	14
Tabela 09- Avaliação da aplicação do fertilizante Soil-Plex® Fert nos acúmulos de nutrientes em na parte aérea de tomateiro cultivado em solo.....	14
Tabela 10- Avaliação da aplicação do fertilizante Soil-Plex®Fert da massa seca da parte aérea de tomateiro cultivado em solo.....	16
Tabela 11- Avaliação do fertilizante Soil-Plex® Fert nos teores de nutrientes em tomateiro cultivado em hidroponia.....	17
Tabela 12- Avaliação do fertilizante Soil-Plex® Fert nos acúmulos de nutrientes em tomateiro cultivado em hidroponia.....	18
Tabela 13- Avaliação do fertilizante Soil-Plex® Fert nas massas secas de tomateiro cultivado em hidroponia.....	18

1. INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L) é uma planta pertencente à família *Solanaceae*. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2020), a produção mundial de tomates em 2017 foi de aproximadamente 130 milhões de toneladas. A China foi o maior produtor mundial, representando 31% da produção do planeta, sendo seguida pela Índia com 11% e pelos Estados Unidos, que produz 8% do volume global. O Brasil encontra-se na nona posição com 2,5% da produção mundial, onde são plantados anualmente aproximadamente 64,4 mil hectares de tomateiros (IBGE, 2019).

A fertilidade do solo e a nutrição das plantas são fundamentais para o sucesso de qualquer atividade agrícola (Raij, 2011). A busca por novas alternativas que visem o aumento da produtividade tem sido alvo constante dos pesquisadores e produtores. Castro e Carvalho (2014) relatam que dentre as técnicas para aumentar a produtividade vem sendo discutida a aplicação de produtos à base de aminoácidos na agricultura.

Nas últimas décadas vários autores desenvolveram estudos nessa linha, porém, não foi consolidado a eficiência e a forma de utilização (Castro e Carvalho 2014). Kacira (2018) encontrou resultados promissores no qual o rendimento da soja aumentou em 25% quando comparado com o controle quando usado produto a base de aminoácido aplicado via foliar. Já Gazola e Zucareli (2018) não identificaram incremento produtivo no trigo quando utilizado produto a base de aminoácido. Estudos científicos sobre a utilização de produto a base de aminoácidos via solo são escassos deixando dúvidas sobre a sua eficácia.

As reações que os aminoácidos sofrem no solo liberam NO_3^- (nitrato) e ácidos orgânicos (Moreira e Siqueira, 2006). Estudo de Prado (2008) mostra que complexos com ácidos orgânicos (quelatos) promovem melhoria na mobilidade de nutrientes no solo. De acordo com Castro et al. (2006) os aminoácidos favorecem a nutrição da planta, por uma redução do gasto de energia para a síntese de proteína e como agente quelante de nutrientes. Os aminoácidos presentes na solução do solo podem estimular a atividade microbológica (Colla et al., 2014; García-Martinez et al., 2010), ser absorvidos pelas plantas (Dion et al., 2018) e podem participar da ligação com

cargas de nutrientes minerais de plantas, promovendo redução da lixiviação ou de outras formas de perdas destes elementos nutricionais (Jardim, 2015). Liu et al. (2008) afirmam que o papel principal dos aminoácidos na absorção e assimilação de nitrato é a regulação de muitos processos e vias metabólicas do metabolismo do N vegetal, como o nitrato e atividades de nitrito redutase e glutamina sintetase.

Existe a hipótese que aminoácidos aumentaria a absorção e o transporte de nutrientes pouco móveis no solo, pois os aminoácidos são biomoléculas que se aderem aos nutrientes, formando complexos que proporcionam alta solubilidade, disponibilidade biológica e alta estabilidade, melhorando a absorção pelas plantas. Para checar essa hipótese foi idealizado este trabalho com o objetivo de avaliar se a utilização de um fertilizante a base de aminoácidos, aplicado ao solo, afeta a disponibilidade de nutrientes e o crescimento de plantas de tomateiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aminoácidos na Agricultura

Os aminoácidos são moléculas orgânicas formadas por átomos de C (carbono), H (hidrogênio), N (nitrogênio) e O (oxigênio) ligados entre si. Quaisquer aminoácidos têm um grupo carboxílico (COOH) e um grupo amina (NH₂) ligada a um átomo de C. Nesse mesmo C ficam ligados ainda um átomo de H e um radical (R). O Radical representa um radical orgânico, diferente em cada molécula de aminoácido existente. Cada variação no número ou na sequência de aminoácidos produz proteínas diferentes e, assim, existe uma grande variedade de proteínas (Taiz e Zeiger, 2017).

Os aminoácidos podem desempenhar diferentes funções na planta, podendo atuar como agentes redutores de estresse, fonte de N e precursores hormonais (Zhao, 2010; DeLille et al., 2011; Maeda e Dudareva, 2012). No solo podem ser encontrados diferentes tipos de aminoácidos, no entanto a meia vida dessas moléculas é curta e a absorção dos aminoácidos só é possível devido à presença de transportadores nas raízes (Jamtgord, 2010). Diversos trabalhos têm mostrado a eficiência de absorção de aminoácidos pelas plantas (Persson et., 2006; Giodeff et al., 2012).

Virtanen e Linkola (1946) consideraram que compostos orgânicos nitrogenados, tais como os aminoácidos, poderiam ser usados como fonte de nutrição nitrogenada em plantas, assim como já era utilizado em meio de cultura para microrganismos, reconhecendo que as plantas, em adição a íons inorgânicos, podem também assimilar componentes orgânicos, tais como ácidos orgânicos, aminoácidos e ácidos nucleicos.

A aplicação de aminoácidos em plantas também é utilizada para melhorar o crescimento e o nível nutricional das plantas tornando-as mais tolerantes a danos por doenças (El-Ghmry et al., 2009).

As melhores respostas dos aminoácidos foram encontradas em situações de estresses das plantas, como nutricionais, climáticos, fitotoxicológicos e hídricos (Coelho et al., 2011). Em estudo de Albrecht et al. (2010), a aplicação de

aminoácidos na cultivar de soja RR minimizou os problemas causados pelo herbicida glifosato, com possível manutenção da taxa fotossintética e acúmulo de biomassa, mantendo-se a produtividade, a qualidade fisiológica e a composição química das sementes.

Em plantas submetidas ao estresse ocorre acúmulo de prolina e outros aminoácidos. O papel desses aminoácidos varia na regulação osmótica, relação de transporte de íons, modulação na abertura de estômatos e desintoxicação de metais pesados. Os aminoácidos também afetam a síntese e atividade de algumas enzimas, na expressão gênica (Rai, 2002).

Roder et al. (2015) utilizando biofertilizante fermentado do melaço da cana contendo 30% de aminoácido L glutâmico no desenvolvimento de mudas de repolho, observaram incrementos do índice relativo de clorofila, da área foliar e do volume radicular, quando aplicado por via foliar, com intervalos de 14 dias, e incremento do volume radicular, quando aplicado com intervalos de 7 dias.

Para Colla et al. (2014, 2015) a melhoria do crescimento pelo uso de hidrolisado com aminoácidos livres foi atribuída ao aumento da captação, assimilação e metabolismo de nutrientes resultantes de aumento da atividade microbiana do solo, melhoria da mobilidade de micronutrientes e solubilidade, modificações na arquitetura das raízes das plantas, em particular o comprimento, a densidade e o número de raízes laterais e aumento de atividades de enzimas envolvidas no metabolismo de nutrientes.

2.2 Utilização de aminoácidos pelas plantas

No século XX surgiram as primeiras evidências de que os aminoácidos eram absorvidos pelas plantas (Hutchinson e Miller, 1911). Na solução de solo, os aminoácidos podem ser divididos em três conjuntos: os dissolvidos na solução do solo, disponíveis para os microrganismos e para as plantas; aminoácidos permutáveis, que estão ligados às superfícies com cargas; e aminoácidos vinculados, que é a maior fração de aminoácidos, presentes principalmente na forma de peptídeos e de proteínas (Schulten e Schnitzen, 1997). Os aminoácidos vinculados não estão diretamente disponíveis para os microrganismos do solo e

plantas, e podem ser considerados como um reservatório do qual a solução do solo é reabastecida com aminoácidos livres (Jamtgard, 2010).

A quantidade de aminoácidos livres depende de diversos fatores, entre eles o pH do solo, os microrganismos no solo e a atividade de enzimas proteolítica, que podem ser exsudadas pelos micróbios de vida livre, fungos micorrízicos ou raízes de plantas (Godlewski e Adamczyk, 2007; Paugffo-Lonhienne et al., 2009). A atividade das enzimas proteolíticas também pode ser influenciada pelo pH do solo, uma vez que a diminuição do pH aumenta a atividade destas enzimas, proporcionando o aumento da rotatividade de aminoácidos no solo (Nasholm et al., 2009).

O período de permanência dos aminoácidos no solo tem sido foco de diversos estudos, os quais mostram que, em solos desprovidos de plantas os aminoácidos podem durar de 3 a 20 horas (Jones et al., 2005). A reação do aminoácido libera NO_3^- e ácidos orgânicos (Moreira e Siqueira, 2006).

O N é geralmente considerado disponível para absorção de plantas em duas formas inorgânicas: NH_4^+ (amônio) e NO_3^- (Nacry et al., 2013). Existe autor que defende que a planta não é capaz de absorver N da forma orgânica e precisaria ser mineralizado em NO_3^- ou NH_4^+ para depois sofrer a absorção (Raij, 2011). No entanto, agora está bem estabelecido que as plantas também podem absorver N diretamente de formas orgânicas (Nasholm et al., 2009) como aminoácidos e peptídeos, por ação de transportadores específicos (Rentsch et al., 2007). Moléculas orgânicas fornecem N reduzido, juntamente com uma fonte de C, o que podem melhorar o orçamento de C e a eficiência de uso de N pela planta, apresentando vantagem na eficiência, minimizando a energia necessária para a redução de N e assimilação (Ganeteg et al., 2017).

A utilização de aminoácidos pelas plantas pode ser mais favorável energeticamente em relação ao NO_3^- e NH_4^+ . No entanto, a capacidade de absorção dos aminoácidos pelas raízes está intimamente ligada à disponibilidade dos aminoácidos na rizosfera e à atividade de transportadores de aminoácidos nas membranas celulares em contato com a solução do solo (Jamtgord, 2010).

Existem divergências nas comparações sobre as proporções de NO_3^- e NH_4^+ e aminoácidos absorvidos pelas raízes, alguns autores relatam que o nitrato é a forma mais absorvido pela planta, seguida pelos aminoácidos e amônio (Finzil;

Berthrong, 2005). No entanto, outros autores afirmam que a taxa de absorção de N em forma de aminoácidos pelas raízes pode ser maior do que as formas inorgânicas (Persson et al., 2006). Em experimento com plantas de trigo, Gioseff et al. (2012), avaliando a interação na absorção entre formas orgânicas e inorgânicas de nitrogênio, constataram que quando existia a disponibilidade de glicina as raízes aumentavam a absorção de aminoácidos o que, conseqüentemente levava a diminuição da absorção de nitrato e amônio.

A absorção dos aminoácidos do solo é mediada por alguns transportadores presentes nas raízes (Hirner et al., 2006; Lee et al., 2007). Os transportadores podem ser encontrados nas raízes laterais, epiderme, endoderme, córtex, cilindro vascular e na coifa (Hirner et al., 2006; Lee et al., 2007; Brady et al., 2007).

Os aminoácidos encontrados no solo podem auxiliar no processo de regulação na absorção de cátions (Brady, 1974), que podem estar aderidos aos coloides do solo em concentrações tóxicas para as células vegetais, por isso são considerados quelatizantes. Isso porque, quando um único ligante se adere a um cátion, esse é considerado complexado. Se um cátion está ligado a um composto orgânico em dois ou mais sítios de troca estruturando-se em um anel é considerado quelato do metal (Meister, 1999).

Alguns aminoácidos usados como quelato com micronutrientes são a lisina, glutamato (Miller, 1998), cisteína e histidina (Baker, 1995). Além dos aminoácidos citados, glicina é o aminoácido mais simples usado em sistemas agrícolas como um agente quelatizante de micronutrientes e, também, como fonte de N, embora esta última função seja menos enfatizada.

Os aminoácidos podem formar complexos com cátions como: Cu (Cobre), Zn (zinco), Mn (manganês) e Fe (ferro), protegendo-os e aumentando sua disponibilidade para as plantas (Vieira; Castro, 2000).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Departamento de Tecnologia, da Faculdade de Ciências Agrárias - UNESP, Campus de Jaboticabal, com as coordenadas geográficas 21° 14' 05," S e 48° 17' 09" W, altitude de 615,9, em casa de vegetação utilizando vasos.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2x3 [sendo usado solo com e sem adubação e três doses de fertilizante a base de aminoácidos (0, 2 e 4 L ha⁻¹ aplicado semanalmente no solo)] com quatro repetição, totalizando 24 parcelas experimentais.

O fertilizante utilizado foi Soil-Plex[®] Fert, da empresa Alltech Crop Science, que é um fertilizante a base de polissacarídeos e aminoácidos (8,13%) mais 2,0% de nitrogênio (N), 1,5% de fósforo (P₂O₅), 3,0% de potássio (K₂O) e 7,89% carbono orgânico.

O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), coletado da camada de 0 – 20 cm de profundidade, na Fazenda Experimental da UNESP - *Campus* de Jaboticabal de área não cultivada. As recomendações de calagem e adubação foram baseadas no boletim de recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo (Raij et al., 1997). Na tabela 01 encontra-se as características do solo utilizado no experimento.

Tabela 1- Característica do solo utilizado no experimento.

pH	MO	P	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	Areia	Argila	Silte
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³			%		-----%-----							
5,5	32	44	4	4,2	37	4	0	49	44,9	94	48	25	56	19

Potencial de hidrogênio (pH), matéria orgânica (MO) fósforo (P), enxofre (S), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), Acidez potencial (H + Al), somas de base (SB), capacidade de troca de cátions (T), saturação por bases (V).

Para elevar a saturação de bases do solo a 80% foi aplicado calcário dolomítico com PRNT de 100% e incubado por 30 dias seguindo as indicações de Melo et al. (1998). Posteriormente o solo foi transferido para vasos de 5,0 dm³ sendo que uma parte das parcelas receberam as adubações de plantio e cobertura, e outra não recebeu nenhuma adubação.

Nas parcelas que receberam adubação de plantio foram aplicados 6,24g da fórmula 4-14-8, 6,7g de superfosfato simples (18% de P_2O_5 , 16% de Ca e 8% S) e 0,03g de ácido bórico, por vaso, equivalente a 2496, 2680 e 12kg ha^{-1} respectivamente, correspondendo a 831,84 de P_2O_5 , 99,84 de N, 199,68 de K_2O , 428,8 de Ca e 214,4 de S $kg\ h^{-1}$. A adubação de plantio foi incorporada no solo e adicionado a água deionizada, até a capacidade de campo. Após 10 dias realizou-se o transplântio de duas mudas de tomateiro por vaso. Em adubação de cobertura foram realizadas 4 aplicações de 1,56g da fórmula 20-0-20, equivalente a 624 $kg\ ha^{-1}$, correspondendo a 124 $kg\ ha^{-1}$ de N e K_2O , em intervalos quinzenais, iniciando aos 15 dias após o transplântio. A espécie extratora foi o tomate híbrido Débora Victory da empresa SAKATA.

No mesmo período foi conduzido outro experimento com tomate cultivado em sistema de hidroponia, em que as plantas foram conduzidas em vasos de 2,0 L, com solução nutritiva completa segundo Hoagland e Arnon (1950). Sendo empregado para este experimento, três tratamentos doses de (0, 2 e 4 $L\ ha^{-1}$) e com oito repetições, totalizando 24 parcelas experimentais.



Figura 01 – a) Experimento em sistema de hidroponia. **b)** Experimento em solo.
Fonte: arquivo pessoal (Revoredo, 2016).

As plantas foram avaliadas aos 77 dias após o transplante no momento que iniciou a presença dos primeiros frutos maduros (fase da diagnose foliar), analisando a massa seca das folhas, do caule e do fruto, e da parte aérea total, teor e acúmulo de nutriente na parte aérea total do tomateiro, e a fertilidade do solo

Foi separada a parte aérea das plantas, submetidas à lavagem conforme indicação de Prado (2008) utilizando água corrente, solução com detergente (1 ml L^{-1}), água deionizada, solução com HCl 0,1 M e água destilada. Colocadas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65°C até atingir massa constante e realizada a aferição da massa seca. Logo foi empregada a metodologia de Malavolta et al. (1997) para a determinação dos teores de macronutrientes e micronutrientes. Para calcular os acúmulos de nutriente da parte aérea, multiplicou-se o teor de nutriente da parte aérea pela massa seca total da parte aérea.

Para a fertilidade do solo as amostras foram separadas das raízes, secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha (Melo et al., 1998). Para a avaliação da quantidade de nutrientes no solo utilizou-se a metodologia Raij e Quaggio (1983).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5,0% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa computacional AGROESTAT (Barbosa e Maldonado, 2010).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fertilizante Soil-Plex®Fert não alterou a concentração da MO no solo (Tabela 02). Segundo Bayer et al. (2000) as alterações nos estoques da MO são lentas, o que, associado a curtos períodos experimentais, dificulta a visualização do seu comportamento. Também a quantidade de carbono fornecido pelo fertilizante foi muito pequena para se obter qualquer diferença significativa.

Tabela 02- Avaliação da aplicação do fertilizante Soil-Plex® Fert na fertilidade do solo cultivado tomate.

Doses	pH	MO	K	Mg	Ca	P	S	B	Fe	Mn	Zn	Cu
	CaCl ₂ g dm ⁻³			mg dm ⁻³						mg dm ⁻³		
0	5,86	27,65a	2,75a	11,15a	40,91a	43,82a	4,60	0,26	13,52a	8,76	1,4a	4,88a
2	5,99	27,45a	2,71a	11,94a	51,03a	53,23a	4,95	0,34	13,12ab	8,53	1,43a	4,67a
4	6,18	27,57a	2,56a	11,17a	47,91a	52,16a	4,11	0,39	12,57b	8,22	1,47a	4,70a
Adub.	pH	MO	K	Mg	Ca	P	S	B	Fe	Mn	Zn	Cu
	CaCl ₂ g dm ⁻³			mg dm ⁻³						mg dm ⁻³		
Com	5,82	27,79a	2,27b	10,64b	48,07a	74,24a	5,58	0,38	13,59a	8,75	1,51a	4,87a
Sem	6,20	27,33a	3,08a	12,20a	50,50a	25,23b	3,53	0,28	12,54b	8,25	1,37b	4,64a
CV%	8,82	1,32	33,09	13,56	13,08	20,18	19,85	17,58	1,88	4,31	7,54	4,73
AxD	5,26*	0,39 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,004 ^{ns}	1,08 ^{ns}	4,27*	23,09**	3,25 ^{ns}	5,22*	1,47 ^{ns}	2,37 ^{ns}

Médias seguidas de letras diferentes dentro das colunas indicam diferença significativa ($p < 0,05$); *significativo ($p < 0,05$); **significativo ($p < 0,01$); ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade; CV: coeficiente de variação; AxD: Interação tratamento com adubação X doses do Soil-Plex.

A maior dose do fertilizante diminuiu a disponibilidade de Fe (Tabela 02). Essa diminuição pode estar relacionada ao aumento do pH, o solo sem adubação apresentou maiores valores para o pH, é menores concentração de Fe. Taiz e Zeiger (2017) demonstram que quanto maior o pH do solo, menor a solubilidade e, conseqüentemente a disponibilidade de Fe.

O solo com adubação apresentou os maiores valores disponíveis de P, S, B (Tabela 02). Resultado que já era esperado, pois tais elementos foram adicionados no solo por meio da adubação, aumentando as concentrações desses nutrientes. A utilização do fertilizante não influenciou nos teores de K, Mg, Ca, P, Mn, Zn e Cu disponíveis no solo (Tabela 02).

Tabela 03 - Desdobramento da interação entre as doses do Soil-Plex® Fert e a adubação, para o pH do solo cultivado tomate.

pH CaCl ₂	Doses		
	0 L ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹	4 L ha ⁻¹
Solo com Adubação	5,55 Bb	5,77 Bb	6,16 Aa
Solo sem Adubação	6,18 Aa	6,22 Aa	6,20 Aa

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas na linha indicam diferença significativas ($p < 0,05$).

O pH do solo apresentou menores valores nos tratamentos que receberam adubação (Tabela 03) indicando que a adubação acidificou o solo. Esse resultado era esperado, pois já se sabe que os adubos nitrogenados amoniacais e amídicos acidificam o solo influenciando no pH (Malavolta, 2006). Foi possível verificar que a utilização do fertilizante a base de aminoácido incrementou a atuação da calagem, especialmente na dose de 4 L ha⁻¹, em que o pH do solo se tornou estatisticamente igual do solo que não recebeu adubação (Tabela 03).

Tabela 04 - Desdobramento da interação entre as doses do Soil-Plex® Fert e a adubação para o Enxofre disponível cultivado tomate.

S (mg.dm ³)	Doses		
	0 L ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹	4 L ha ⁻¹
Solo com Adubação	5,74 Aab	6,65 Aa	4,34 Ab
Solo sem Adubação	3,46 Ba	3,24 Ba	3,89 Aa

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas na linha indicam diferença significativas ($p < 0,05$).

Houve interação do fertilizante com a presença e ausência de adubação sobre a disponibilidade do S (Tabela 4). Observa-se que as doses de 0 e 2 L ha⁻¹ no solo com adubação induziram maiores concentração existindo um decréscimo no S disponível na dose de 4 L ha⁻¹. Alguns autores afirmaram que fertilizantes a base de aminoácidos aumentam a atividade microbiana do solo com o aumento de atividade de enzimas envolvidas no metabolismo de nutrientes (Colla et al., 2014; García-Martinez et al., 2010). A biomassa microbiana, além de conter parte do S do solo é responsável pelas suas transformações. O S orgânico é mineralizado para SO₄⁻² (sulfato) que é a forma absorvida pelas plantas e, ao mesmo tempo, parte é assimilada pelos microrganismos que o incorpora aos tecidos microbianos (imobilização). As taxas relativas, nos quais os processos ocorrem, são influenciadas

pelos fatores ambientais e pelo suprimento de substratos orgânicos (Moreira e Siqueira, 2006). Sugerindo assim que o fertilizante pode ter aumentado a atividade biológica do solo fazendo com que parte do S disponível passasse a fazer parte dos tecidos microbianos.

Tabela 05 - Desdobramento da interação entre as doses do Soil-Plex® Fert e a adubação para o Boro disponível no solo cultivado tomate.

B (mg dm ⁻³)	Doses		
	0 L ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹	4 L ha ⁻¹
Solo com Adubação	0,31 Ab	0,40 Aa	0,43 Aa
Solo sem Adubação	0,20 Bc	0,29 Bb	0,34 Ba

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas na linha indicam diferença significativas ($p < 0,05$).

As médias encontradas para B foram crescentes em relação ao aumento das doses do fertilizante, indicando que o fertilizante melhorou significativamente a disponibilidade de B (Tabela 05). Considerando que a MO é a principal fonte de B para as plantas Prado (2014), a baixa mineralização pode apresentar concentrações críticas de B na solução do solo, e que um aumento da mineralização pode aumentar a disponibilidade do nutriente no solo (Prado 2008). É possível que o fertilizante tenha incrementado na disponibilidade de B presente na matéria orgânica. Porém necessita ser melhor testado para saber o que pode ter ocasionado isso, já que não foi observado diferença significativas na MO do solo

Tabela 06 - Desdobramento da interação entre as doses do Soil-Plex® Fert e a adubação para o Manganês disponível no solo cultivado tomate.

Mn (mg.dm ⁻³)	Doses		
	0 L ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹	4 L ha ⁻¹
Solo com Adubação	8,69 Aa	9,51 Aa	8,04 Aa
Solo sem Adubação	8,82 Aa	7,54 Ba	8,39 Aa

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas na linha indicam diferença significativas ($p < 0,05$).

. No desdobramento da interação entre as doses do Soil-Plex® Fert e a adubação sobre o manganês, observou-se que a dose de 2 L ha⁻¹ do fertilizante em solo sem adubação diminuiu a quantidade do elemento disponível no solo em relação ao solo com adubação

Tabela 07- Avaliação da aplicação do fertilizante Soil-Plex® Fert nos teores de nutrientes da parte aérea de tomateiro.

Doses	N	K	Mg	Ca	P	S	Fe	Mn	Zn	Cu	
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
L ha ⁻¹	0	16,89a	23,66a	3,28a	12,06a	2,74b	5,09a	13,52a	22,62a	25,62	10,75a
	2	16,02a	22,52a	3,32a	12,12a	2,63b	5,07a	13,12ab	23,00a	24,50	10,25a
	4	18,20a	23,03a	3,06a	12,06a	3,07a	4,63a	12,57b	21,37a	23,12	10,00a
Adubação	N	K	Mg	Ca	P	S	Fe	Mn	Zn	Cu	
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
Com	19,29a	23,82a	3,42a	11,52a	2,50b	6,22a	13,59a	26,66a	25,91	12,91a	
Sem	14,79b	22,32a	3,02b	12,67a	3,13a	3,19b	12,54b	18,00b	22,91	7,75b	
CV %	12,52	3,05	3,32	6,25	20,18	19,85	1,88	4,31	0,63	2,77	
AxD	1,24 ^{ns}	0,37 ^{ns}	1,66 ^{ns}	1,59 ^{ns}	0,07 ^{ns}	4,27 ^{ns}	3,25 ^{ns}	5,22 ^{ns}	4,49*	0,30 ^{ns}	

Médias seguidas de letras diferentes dentro das colunas indicam diferença significativa ($p < 0,05$); *significativo ($p < 0,05$); **significativo ($p < 0,01$); ^{ns}: não significativo; CV: coeficiente de variação; AxD: Interação tratamento com adubação X doses do Soil-Plex.

Os teores dos nutrientes N, Mg, S, Fe, Mn e Cu na planta, tiveram os maiores teores no solo com adubação, porém o P apresentou maiores teores no solo sem adubação (Tabela 07) Os teores de nutrientes na parte aérea para Fe e P na arte aérea teve diferença significativa com a utilização do fertilizante, na dose de 4 L ha⁻¹ foram encontrados os maiores teores para P e os menores para Fe (Tabela 07). Esse aumento do P e diminuição do Fe simultaneamente talvez seria um efeito da quelação dos aminoácidos. Jardin (2015) relata que os aminoácidos têm efeitos quelantes contribuindo para a mobilidade e aquisição de nutrientes. A quelação de íons metálicos potencialmente reativos com fosfatos causa a solubilidade de P disponibilizando-o para a planta (Kirk, 2002). O Fe é um íon metálico potencialmente reativo com fosfato, então a ligação do Fe com o aminoácido poderia aumentar o teor de P na planta. O CO que está disponível no fertilizante também poderia ter complementado esse efeito quelante dos aminoácidos. Essa hipótese necessita uma melhor investigação já que as doses do fertilizante eram extremamente baixas.

Tabela 08 - Desdobramento da interação entre as doses do Soil-Plex® Fert e a adubação no teor de Zinco da parte aérea de tomateiro.

Zinco (mg.kg ⁻³)	Doses		
	0 L ha ⁻¹	2 L ha ⁻¹	4 L ha ⁻¹
Solo com Adubação	27,25 Aa	23,00 Aa	27,50 Aa
Solo sem Adubação	24,00 Aab	26,00 Aa	18,75 Bb

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas na linha indicam diferença significativas ($p < 0,05$).

No desdobramento do Zinco apresentou menor teor na dose de 4 L ha⁻¹ em solo sem adubação (Tabela 8). Esse efeito não foi observado nos acúmulos do nutriente na parte aérea da planta (Tabela 9).

Tabela 09- Avaliação da aplicação do fertilizante Soil-Plex® Fert nos acúmulos de nutrientes em na parte aérea de tomateiro.

Doses	N	K	Mg	Ca	P	S	Fe	Mn	Zn	Cu
	g planta ⁻¹					mg planta ⁻¹				
0	1,10b	1,54a	0,21a	0,78a	0,17b	0,32a	2,4a	1,48a	1,68a	0,70a
2	1,16b	1,62a	0,23a	0,87a	0,19b	0,33a	2,5a	1,66a	1,76a	0,74a
4	1,36a	1,72a	0,22a	0,89a	0,22a	0,35a	2,6a	1,61a	1,74a	0,75a
Adubação	N	K	Mg	Ca	P	S	Fe	Mn	Zn	Cu
	g planta ⁻¹					mg planta ⁻¹				
Com	1,42a	1,76a	0,25a	0,85a	0,18b	0,44a	2,55a	1,92a	1,91a	0,95a
Sem	0,99b	1,49b	0,20b	0,85a	0,21a	0,23b	2,55a	1,20b	1,54b	0,51b
CV %	22,87	35,50	2,17	22,14	6,45	14,78	24,55	8,19	8,11	11,19
AxD	0,58 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,24 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,10 ^{ns}	3,17 ^{ns}	0,28 ^{ns}

Médias seguidas de letras diferentes dentro das colunas indicam diferença significativa ($p < 0,05$); *significativo ($p < 0,05$); **significativo ($p < 0,01$); ^{ns}: não significativo; CV: coeficiente de variação; AxD: Interação tratamento com adubação X doses do Soil-Plex.

Os acúmulos de nutrientes da parte aérea pelos elementos N, K, S, Mn, Cu e Zn apresentaram maiores valores nos tratamentos com solos adubados em comparação com o solo não adubado (Tabela 09). Esses resultados eram esperados para N, K e S, pois esses estavam presente nos adubos utilizados. A aplicação dos nutrientes Mg, Mn, Cu e Zn não foram diferentes nos tratamentos, o aumento nos acúmulos deve ter ocorrido pela interação entre os nutrientes. A interação é a influência recíproca de um nutriente sobre o outro relativo ao crescimento da planta,

e os efeitos de interação antagônicas e sinérgicos entre os elementos variam em razão da proporção entre eles (Prado, 2014).

O N na dose de 4 L ha⁻¹ apresentou maior acúmulo na parte aérea da planta (Tabela 9), o aumentou em 19,11% em relação ao sem aplicação do fertilizante. Segundo Dion et al. (2018) a planta é capaz de assimilar N na forma de aminoácido, porém, a quantidade de N adicionada via produto foi apenas 0,13% em relação a adubação, desconsiderando ainda o N que já tinha no solo, mostrando que esse aumento não foi dada pelo N contido no fertilizante. Cola et al, (2014) em bioensaio com hidrolisado protéico observaram aumento de 21,5% de nitrogênio na cultura do tomate quando comparado com o controle, a alta absorção de nitrogênio observada pode ser explicada pelo extenso aparato radicular e o aumento do processo de assimilação de nitrogênio. Liu et al. (2008) afirmam que o papel principal dos aminoácidos na absorção e assimilação de nitrato é a regulação de muitos processos e vias metabólicas do metabolismo do N vegetal, como o nitrato e atividades de nitrito redutase e glutamina sintetase.

O P na dose de 4 L ha⁻¹ apresentou maior acúmulo na parte aérea no (Tabela 9), apresentando um aumento de 22,72% comparado ao controle. O P adicionado no solo via produto representa 0,031% em relação á adubação, desconsiderando o P que estava no solo, mostrado que a quantidade de P aplicada via produto era baixa para o aumento observado. Existe a hipótese de que a adição de um veículo orgânico aumentaria a disponibilidade de P no solo, pois haveria maior atividade microbiana e liberação de ácidos orgânicos (Guppy et al., 2005). Assim, tais ácidos orgânicos causariam redução do pH da rizosfera o que promoveria a solubilidade de fosfatos para que a planta pudesse absorver (Jones et al., 1994).

O Mg e K disponíveis apresentaram menores valores nos tratamentos que receberam adubação (Tabela 02). Contudo, maiores valores foram encontrados nos acúmulos dos nutrientes na parte aérea (Tabela 09) indicando que o Mg e K que estavam no solo foram extraídos pelas plantas nos tratamentos com adubação.

Tabela 10- Avaliação da aplicação do fertilizante Soil-Plex®Fert da massa seca da parte aérea de tomateiro.

Doses		MSF	MSC	MSFT	MSPA
		g planta ⁻¹			
L ha ⁻¹	0	24,05b	39,79a	1,04a	64,75b
	2	27,76a	43,30a	1,07a	72,25a
	4	29,41a	43,04a	2,25a	74,75a
Adubação		MAF	MSC	MSF	MST
		g planta ⁻¹			
Com		28,82a	44,46a	0,85a	74,25a
Sem		25,33b	39,92b	2,05a	66,91b
CV %		25,14	20,14	71,99	20,75
AxD		0,61 ^{ns}	1,80 ^{ns}	4,27 ^{ns}	2,23 ^{ns}

Médias seguidas de letras diferentes dentro das colunas indicam diferença significativa ($p < 0,05$); *significativo ($p < 0,05$); **significativo ($p < 0,01$); ^{ns}: não significativo; CV: coeficiente de variação; AxD: Interação tratamento com adubação X doses do Soil-Plex; MSF: Massa seca das folhas; MSC: Massa seca do caule, MSFT: Massa seca do fruto, MSPA: Massa seca parte aérea total (folhas, caule e fruto).

O fertilizante estimulou o crescimento da planta aumentando a massa seca das folhas (MSF) e parte aérea total (MSPA), não houve interação entre adubação e doses do fertilizante (Tabela 10). O incremento foi de 13,37% na dose 4 L ha⁻¹ em relação a 0 L ha⁻¹, porém a dose 2 L ha⁻¹ já seria suficiente para o incremento. Possivelmente o aumento foi ocasionado pelos maiores acúmulos de P e N na planta, pois processo de assimilação de N é chave para controlar o crescimento e desenvolvimento das plantas (Maini, 2006). Castro et al. (2006) utilizando Cadmim-BR, fertilizante a base de aminoácidos, observaram aumentou a massa seca foliar de plantas de feijoeiro. Slávik (2005) relata incrementos de 55,9% na massa seca da parte aérea de abeto da noruega (*Picea abies* L. Karst) utilizando bioestimulante a base de aminoácidos.

Cola et al. (2014) em bioensaio em casa de vegetação com hidrolisado proteico observaram aumento no crescimento de tomateiro (parte aérea 19,5%, raiz 27,5% e massa seca total 20,5%), quando comparado com o controle, as doses utilizada foram 0, 5 e 10 ml L⁻¹ aplicando 50ml por vaso. Em um outro bioensaio concomitante, Colla et al. (2014) observaram que a substância estimulou o crescimento de raízes adventícias em estacas de tomate, apresentado um aumento

de 21% da parte aérea, 35% do peso seco da raiz, 24% comprimento da raiz e 26% da área da raiz quando comparado com as plantas não tratadas, a dose utilizada foi de 6 ml L⁻¹ de hidrolisado protéico.

Ertani et al. (2009) argumentam que um sistema radicular mais forte e mais extenso pode melhorar a eficiência de absorção de nutrientes e água, levando a um aumento geral da produtividade da biomassa da planta e, conseqüentemente, a melhores rendimentos. Porém no atual experimento em solo não foi possível avaliar o crescimento da raiz, o que dificulta um melhor entendimento dos dados, já que a presença de pelos radiculares é uma parte importante da raiz para a absorção e transporte de nutrientes (Gilroy e Jones, 2000).

A MSC e a MSFT não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, o coeficiente de variação da MSFT foi muito alto, isso porque as 77 DAT havia tratamentos que não tinha frutificado.

Tabela 11 - Avaliação do fertilizante Soil-Plex[®] Fert nos teores de nutrientes em tomateiro cultivado em hidroponia.

DOSES	N	K	Ca	Mg	P	S	Fe	Mn	Zn	Cu
	-----g.kg ⁻¹ -----						-----mg.kg ⁻¹ -----			
0	46,18a	65,00a	32,28a	7,53a	6,24a	10,45a	82,62a	7,25c	19,12a	8,00a
2	34,11b	30,16b	21,20b	5,41b	3,87b	8,59b	52,12b	11,12b	17,12a	5,62b
4	34,71b	29,17b	19,10b	5,02b	3,88b	8,35b	55,00b	13,75a	18,25a	4,50b
F	14,88**	74,79**	28,84**	21,49**	43,56**	9,66**	42,40**	51,67**	2,69 ^{ns}	21,86**
CV(%)	0,72	2,80	6,63	11,48	4,18	14,34	16,58	3,54	12,56	17,61

Médias seguidas de letras diferentes dentro das colunas indicam diferença significativa ($p < 0,05$); *significativo ($p < 0,05$); **significativo ($p < 0,01$); ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade; CV: coeficiente de variação.

Em sistema de hidroponia o uso do fertilizante Soil-Plex[®] Fert mostra que para todos os teores de todos os nutrientes, exceto o Zn que não apresentou diferença significativa, obtiveram maiores teores na dose 0 L ha⁻¹ (Tabela 11). Esse fato é explicado pelo efeito de Steenbjerg aumentando a produção a biomassa leva a diluição do teor foliar. Isto pode acontecer, por exemplo, quando a velocidade de produção de massa seca é maior que a de absorção ou transporte do elemento, que então fica diluído, apresentado menores teores na análise do tecido (Malavolta et al., 1997; Costa, 2014). Esse efeito pode ser confirmado também quando se analisa

dados das da matérias secas no qual as médias na dose 0 L há⁻¹ apresentou menores valores.

Tabela 12 - Avaliação do fertilizante Soil-Plex® Fert nos acúmulos de nutrientes em tomateiro cultivado em hidroponia.

Doses	N					K					Ca					Mg					P					S					Fe					Mn					Zn					Cu				
	-----g.planta ⁻¹ -----											-----g.planta ⁻¹ -----																																						
L ha ⁻¹	0	0,94b	1,32a	0,65b	0,15b	0,12b	0,21b	1,69b	0,14b	0,39b	0,16b																																							
	2	1,45a	1,26a	0,90a	0,22a	0,16a	0,36a	2,19a	0,47 ^a	0,72a	0,24a																																							
	4	1,52a	1,27a	0,83ab	0,21a	0,17a	0,36a	2,39a	0,59 ^a	0,76a	0,19ab																																							
F	35,09 ^{**}	0,44 ^{ns}	11,19 ^{**}	19,49 ^{**}	14,12 ^{**}	46,49 ^{**}	14,15 ^{**}	427,18 ^{**}	116,91 ^{**}	7,55 ^{**}																																								
CV(%)	30,93	20,80	59,57	15,02	20,23	20,44	12,36	12,23	23,92	22,34																																								

Médias seguidas de letras diferentes dentro das colunas indicam diferença significativa ($p < 0,05$); ^{*}significativo ($p < 0,05$); ^{**}significativo ($p < 0,01$); ^{ns}: não significativo; CV: coeficiente de variação.

Diferentemente dos teores, os acúmulos apresentaram melhores resultados com a utilização do fertilizante para todos os nutrientes exceto para o K que não apresentou diferença significativa (Tabela 12). Ertani et al. (2013) com experimento utilizando hidrolisando de carne em sistema de hidroponia na cultura do milho observou que os acúmulos de N, P e S não diferiu estatisticamente em comparação com plantas não tratadas. Porém aumentou as concentrações de quase todos os micronutrientes nas raízes, principalmente Cu e Fe, que apresentaram incrementos de 239% e 180%, respectivamente.

Tabela 13 – Avaliação do fertilizante Soil-Plex® Fert nas massas secas de tomateiro cultivado em hidroponia.

Doses	MSPA			MSR			MST		
	-----g planta ⁻¹ -----								
L ha ⁻¹	0	19,16b	1,31b	20,47b					
	2	40,14a	2,56a	42,70a					
	4	41,32a	2,52a	43,83a					
F	129,75 ^{**}	32,14 ^{**}	131,98 ^{**}						
CV(%)	1,08	25,41	1,18						

Médias seguidas de letras diferentes dentro das colunas indicam diferença significativa ($p < 0,05$); ^{*}significativo ($p < 0,05$); ^{**}significativo ($p < 0,01$); ^{ns}: não significativo; CV: coeficiente de variação. MSPA: Massa seca parte aérea; MSR: Massa seca da Raiz; MST: Massa seca total (parte aérea e raiz).

O fertilizante estimulou o crescimento da planta aumentando MSPA, MSR e MST (Tabela 13). O incremento foi de 53,63%, 48,01% e 53,29% respectivamente na dose 4 L ha⁻¹ em relação a 0 L ha⁻¹, porém a dose 2 L ha⁻¹ já seria suficiente para o incremento. Ertani et al. (2013) utilizando micrografias eletrônicas de varredura de superfícies de raízes de milho cultivadas em hidroponia suplementada com 0,01 ou 0,1ml L⁻¹ de hidrolisado proteico composto por aminoácidos revelou mais pêlos radiculares quando comparado com plantas não tratadas. Isso pode ter contribuído para o aumento dos acúmulos e conseqüentemente das matérias secas.

O fertilizante atuou como um bioestimulante no crescimento da planta nos dois experimentos, pois as concentrações eram muito baixas. Os bioestimulantes, ao contrário dos fertilizantes orgânicos ou minerais, não têm efeitos nutricionais no crescimento das plantas, uma vez que sua concentração de nutrientes é muito baixa (Ertani et al., 2011).

O fertilizante apresentou melhores resultados em sistemas de hidroponia quando comparado com a aplicação no solo, pois interferiu nos acúmulos de quase todos os nutrientes, enquanto o aplicado em solo interferiu apenas no N e P. Os estudos sobre o uso de aminoácidos na nutrição de plantas ainda são poucos, pesquisas sobre seus mecanismos de ação devem ser priorizada para entender a forma de atuação na planta.

5. CONCLUSÕES

O fertilizante Soil-Plex[®] Fert aplicado no solo aumentou os acúmulos de N e P da parte aérea, estimulando o crescimento das plantas. Também incrementou o efeito da calagem e aumentou a disponibilidade de B no solo.

Em sistema de hidroponia a aplicação do fertilizante aumentou os acúmulos de N, Ca, Mg, P, S, Fe, Mn Zn e Cu estimulando o crescimento da planta. A dose de 2 L ha⁻¹ aplicada semanalmente apresentou melhor eficiência agronômica.

6. REFERÊNCIAS

- Albrecht LP, Braccini AL, Scapim CA, Ávila, MR, Albrecht AJP, Barbosa MC (2010) Qualidade das sementes de soja produzidas sob manejo com biorregulador. Londrina: **Revista Brasileira de Sementes**, 32:39-48.
- Bayer C, Mielniczuk J, Martin-Neto L (2000) Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24:599-607.
- Baker A, Sprent JI, Wilson J (1995) Effects of sodium and micorhizal infection on the growth and nitrogen fixation of *Prosopis Juliflora*. **Symbiosis**, 19(1):39-51.
- Barbosa JC, Maldonado JRW (2019) **AGROESTAT: Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**. Jaboticabal: Versão online.
- Brady NC (1974) Organic matter of mineral soils. In.: Buckman HO, Brady NC (1974) **The nature and properties of soils**. New York: Macmillan Publishing Co p.137-163.
- Brady SM, Orlando DA, Lee JY, Wang JY, Koch J, Dinnenny JR, Mace D, Ohler U, Benfey PN (2007) A high resolution root spatiotemporal mapreveals dominant expression. **Patterns Science**, 318:801-806.
- Castro PRC, Carvalho MEA (2014) Aminoácidos e suas aplicações na agricultura. **Série Produtor Rural**, 57:1-58.
- Castro PRC, Gonçalves MR, Cato SC (2006) Efeitos da aplicação foliar de Codamin e de Brassinolide em feijoeiro. **Revista da Agricultura** 81(1):24-30.
- Coelho, H. A. Filho HG, Barbosa RD, Romeiro JCT, Pompermayer VG (2011) Eficiência Agrônômica da Aplicação Foliar de nutrientes na Cultura da Soja. **Revista Agraria**, 4(11):73-78.
- Colla G, Nardi S, Cardarelli M, Ertani A, Lucini L, Canaguier R, Youssef R (2015) Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, 196:28–38.
- Colla G, Youssef R. Canaguier R, Svecova E, Cardarelli MT (2014) Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. **Frontiers in Plant Science**, 5(448):1-6.
- Costa AR (2014). **Nutrição Mineral de Plantas Vasculares**: Portugal: Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade Évora, 139p.
- DeLille JM, Sehnke PC, Ferl RJ (2011) The Arabdopsis 14-3-3 family of signaling regulators. **Plant Physiology** 126:35-38.

Dion P-P, Jamtjord S, Bertrand A, Pepin S, Dorais M (2018) Organic Nitrogen Uptake and Assimilation in *Cucumis sativus* Using Position-Specific Labeling and Compound-Specific Isotope Analysis. **Frontiers in Plant Science**. 9(1596):1-12.

El-Ghamry AM, El-Hai KMA, Ghoneem KM (2009) Amino and humic acids promote growth, yield and disease resistance of abo bean cultivated in clayey soil. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, 3:731-739.

Ertani A, Cavani L, Pizzeghello D, Brandellero E, Altissimo A, Ciavatta C, Nardi S (2009) Biostimulant activity of two protein hydrolyzates in the growth and nitrogen metabolism of maize seedlings. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**. 172, 237–244.

Ertani A, Pizzeghello D, Altissimo A, Nardi S (2013) Use of meat hydrolyzate derived from tanning residues as plant biostimulant for hydroponically grown maize. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, 176, 287–295.

Ertani A, Schiavon M, Altissimo A, Franceschi C, Nardi S (2011) Phenol-containing organic substances stimulate phenylpropanoid metabolism in *Zea mays*. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, 174, 496–503.

FAO, FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION (2018) **FAO Statistical Yearbook**. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/es/#rankings/countries_by_commodity. Acesso em: 20 jun. 2020.

Finzi AC, Berthrong ST (2005) The uptake of amino acids by microbes and trees in three cold-temperate forests. **Ecology** 86:3345-3353.

Ganeteg U, Ahmad I, Jamtjord S, Aquetoni-Cambuí C, Inselsbacher E, Syennerstam H, Schmidt S, Nasholm T (2017). Amino acid transporter mutants of *Arabidopsis* provides evidence that a non-mycorrhizal plant acquires organic nitrogen from agricultural soil. **Plant Cell Environ**. 240(3): 413–423.

Garcia-Martinez AM, Díaz A, Tejada M, Bautista J, Rodriguez B, Santa Maria C, Revilla E, Parrado J (2010) Enzymatic production of an organic soil biostimulant from wheat condensed distiller solubles: Effects on soil biochemistry and biodiversity. **Process Biochemistry**, 45:1127–1133.

Gazola D, Zucareli C. Aminoácidos de forma suplementar a adubação nitrogenada no desempenho produtivo do trigo e do triticale (2018). **Journal of Agronomica Sciences**, 7(2)8-20.

Gilroy S, Jones DL (2000) Through form to function: root hair development and nutrient uptake. Dorchester. **Trends in Plant Science**, 5(2):56-60.

Gioseff E, Neergaard A, Schjoerring JK (2012) Interactions between uptake of amino acids and inorganic nitrogen in wheat plants. **Biogeosciences**, 9:1509-1518.

Godlewski M, Adamczyk B (2007) The ability of plants to secrete proteases by roots. **Plant Physiology and Biochemistry**, 45:657-664.

Guppy CN, Menzies NW, Moody PW, Blamey FPC (2005) Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: A review. **Australian Journal of Soil Research**, 43:189-202.

Hirner A, Ladwig F, Stransky H, Okumoto S, Keinath M, Harms A, Frommer WB, Koch W (2017) Arabidopsis LHT1 Is a high-affinity transporter for cellular amino acid uptake in both root epidermis and leaf mesophyll: Palo Alto, **Plant Cell** 18:1931-1946.

Hutchinson HB, Miller, NHJ (1911) The direct assimilation of inorganic and organic forms of nitrogen by higher plants: Cambridge, **The Journal of Agricultural Science**, 30:513-547.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2018) **Estatística da produção pecuária**. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 02 jun. 2020.

Jardim P (2015) Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae** 196:3-14.

Jamtgard S (2010) **The Occurrence of amino acids in agricultural soil and their uptake by plants**. 52 f. Tese de Doutorado. Swedish university of agricultural sciences, Suécia.

Jones DL, Shannonn D, Junvee-Fortune T, Farrarc JF (2005) Plant capture of free amino acids is maximized under high soil amino acid concentrations. Oxford: **Soil Biology and Biochemistry**, 37(1):179-181.

Jones DL, Edwards AC, Donachie K, Darrah PR (1994) Papel de aminoácidos proteicos liberados em exsudatos radiculares na aquisição de nutrientes da rizosfera. **Plant and Soil** 158:183–192.

Hoagland DR, Arnon DI (1950) **The water culture method for growing plants without soils**. Berkeley: California Agricultural Experimental Station, 347p.

Kirk GJD (2002) Modelling root-induced, solubilization of nutrients. **Plant Soil**, 255: 49-57.

Kocira S (2019) Effect of amino acid biostimulant on the yield and nutraceutical potential of soybean. **Chile Journal of Agricultural Research** 79(1):17–25.

Lee YH, Foster J, Chen J, Voll LM, Weber APM, Tegeder M (2007) AAP1 transports uncharged amino acids into roots of Arabidopsis. **The Plant Journal**, 50:305-319.

Liu, X.Q., K.Y. Ko, S.H. Kim and K.S. Lee, 2008. Effect of amino acid fertilization on nitrate assimilation of leafy radish and soil chemical properties in high nitrate soil. *Commun. Soil Science and Plant Analysis*, 39: 269–281

Maeda H, Dudareva N (2012) The shimate pathway and aromatic acids biosynthesis in plants. Palo Alto: **Annual Review of Plant Biology**, 63:73-105.

Maini, P (2006) The experience of the first biostimulant, based on amino acids and peptides: A short retrospective review on the laboratory researches and the practical results. *Fertilitas Agrorum* 1:29–43.

Malavolta E (2006) **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 638p.

Malavolta E, Vitti GC, Oliveira SA (1997) Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações. Piracicaba: **Potafos**, 308p.

Meister R T (1999) **Farm Chemicals Handbook**. Willoughby; Meister Publishing Co. 106p.

Miller GW (1998) Letter to the Organic Materials Review. Institute regarding the chelation of trace minerals with amino acids. 152p.

Melo WJ, Melo GMP, Bertipaglia MA, Mela VP (1998) Experimentação sob condições controladas. Jaboticabal: FUNEP, p.22-24, 27-31, 41-55, 65-80.

Moreira FMS, Siqueira JQ (2006) **Microbiologia e Bioquímica do solo** 2^aed., Lavras: editora UFLA, 729p.

Nacry P, Bouguyon E, Gojon A. (2013) Nitrogen acquisition by roots: physiological and developmental mechanisms ensuring plant adaptation to a fluctuating resource. **Plant Soil** 370:1–29.

Nasholm T, Kielland K, Ganeteg U (2009) Uptake of organic nitrogen by plants. **New Phytologist**, 182(1):31–48.

Paungfoo-Lonhienne C, Schenk PM, Lonhienne TGA, Brackin R, Meier S, Rentsch D, Schmid TS (2009) Nitrogen affects cluster root formation and expression. Of putative peptide transporters. Oxford: **Journal of Experimental Botany**, 60:2665-2676.

Persson J, Hogberg P, Ekblae A, Hogberg M N, Nordgren A, Nasholm T (2006) Nitrogen acquisition from inorganic and organic sources by boreal forest plants in the field. *Berlim: Oecologia*, 137(2):252-257.

Prado RM (2008) **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 1:407.

Prado RM (2014) **500 perguntas e respostas sobre nutrição de plantas**. 2ª ed. Jaboticabal: FCAV/ GENPLANT, 108p.

Raij BV, Cantarella H, Quaggio JA, Furlani AMC (1997) **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2ªed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC (Boletim Técnico 100), 285p.

Raij BV, Quaggio JA (1983) Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas: Boletim Técnico, Instituto Agrônomo de Campinas, 82:1-31.

Raij VB (2011) Fertilidade do Solo e manejo de nutrientes. Piracicaba, SP: International Plant Nutrition Institute. 2011. 420p.

Rai VK (2002) Role of amino acids in plant response to stresses. Amsterdam: **Biologia Plantarum**, 45:481-487.

Rentsch D, Schmidt S, Tegeder M (2007) Transporters for uptake and allocation of organic nitrogen compounds in plants. **FEBS Lett**, 581:2281–2289.

Roder C, Mógor AF, Szilagyi-Zecchin VJ, Fabbrin EGS, Gemin LG (2015) Uso de biofertilizante na produção de mudas de repolho. Viçosa: **Revista Ceres** 62(5): 502-505.

Schulten HR, Schnitzer M (1997) The chemistry of soil organic nitrogen: a review. **Biology and Fertility of Soils**. 26(1)1-15.

Slávik M (2005) Production of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) seedlings on substrate mixes using growth stimulants. **Journal of Forest Science**, 51(1): 15–23

Taiz L, Zeiger E (2017) **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 820p.

Yu Z, Zhang Q, Kraus TEC, Dahlgren RA, Anastasio C, Zasoski, RJ (2002) Contribution of amino compounds to dissolved organic nitrogen in forest soils. **Biogeochemistry**, 61(2):173-198.

Vieira RF (2017) **Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas**. Brasília: Embrapa, 163 p.

Virtanen AI, Linkola H (1946) Organic nitrogen compounds as nitrogen nutrition for higher plants. **Nature**, 3:158:515.

Zhao Y (2010) Auxin biosynthesis and its role in plant development. Palo Alto: **Annual Review of Plant Biology**, 61:49-64.