Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

Efeito do cultivo intercalar de adubo verde com minitomateiro orgânico em ambiente protegido na produtividade, qualidade e transferência de nitrogênio

Gabriela Cristina Salgado

Dissertação para obtenção do título de Mestra em
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2017

Gabriela Cristina Salgado
Bacharela em Agroecologia

**Efeito do cultivo intercalar de adubo verde com minitomateiro orgânico em ambiente
protegido na produtividade, qualidade e transferência de nitrogênio**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:

Prof. Dr. **PAULO CÉSAR TAVARES DE MELO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Salgado, Gabriela Cristina

Efeito do cultivo intercalar de adubo verde com minitomateiro orgânico em ambiente protegido na produtividade, qualidade e transferência de nitrogênio / Gabriela Cristina Salgado. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2017.

59 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. *Solanum lycopersicum* 2. Nitrogênio 3. Consórcio 4. Adubação verde I. Título

Dedicatória

Dedico aos meus pais por todo amor, apoio e paciência durante esta jornada.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus pela força, esperança, sabedoria e pelas oportunidades que colocou em minha vida.

À toda minha família, aos meus pais Solange e José, a minha avó amada Wilma, a meus irmãos Ricardo e Milena, ao meu namorado César por todo incentivo, amor, dedicação, paciência e conselhos que foram de grande importância para minha formação. E ainda por acreditar em mim quando eu mesma não acreditava.

Agradeço a Escola Superior “Luiz de Queiroz” -ESALQ/USP pelos ensinamentos, e vivência no campus que me muito acrescentou na minha vida profissional e pessoal.

A CAPES pela concessão de bolsa de estudo e apoio financeiro.

Aos professores do curso Pós-graduação em Fitotecnia por todos os ensinamentos e contribuições para minha vida acadêmica e profissional.

Ao Professor Paulo César Tavares de Melo, por me receber na ESALQ, pela orientação e colaboração no projeto de mestrado.

Ao Pesquisador Edmilson José Ambrosano, pela confiança, orientação e apoio no desenvolvimento do projeto de mestrado.

A Pesquisadora Ivani do Instituto de Zootecnia, por toda atenção e orientação na estatística da minha dissertação.

Aos pesquisadores e técnicos da Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio - APTA/Polo Centro-Sul, pela ajuda e apoio nos experimentos.

Aos meus amigos de longa data Carol, Aline, Henrique, Clarissa, Neriane, que sempre estiveram ao meu lado nos momentos difíceis. E também aqueles que diretamente e indiretamente foram de grande importância para minha vida pessoal e profissional.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
1. INTRODUÇÃO.....	11
REFERÊNCIAS	13
2. PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO MINITOMATEIRO ORGÂNICO CONSORCIADO COM ADUBOS VERDES	17
RESUMO	17
ABSTRACT	17
2.1. INTRODUÇÃO	18
2.2. MATERIAL E MÉTODO	19
2.3. RESULTADO E DISCUSSÃO	22
2.4. CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS	30
3. TRANSFERÊNCIA DE N EM CULTIVO COM ADUBOS VERDES INTERCALAR A MINITOMATEIRO UTILIZANDO O MÉTODO DE ABUNDÂNCIA NATURAL DE ¹⁵ N	35
RESUMO	35
ABSTRACT	35
3.1. INTRODUÇÃO	36
3.2. MATERIAL E MÉTODO	37
3.3. RESULTADO E DISCUSSÃO	41
3.4. CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	53
4. CONCLUSÕES GERAIS	59

RESUMO

Efeito do cultivo intercalar do adubo verde com minitomateiro orgânico em ambiente protegido na produtividade, qualidade e transferência de nitrogênio

A prática da adubação verde tem-se mostrado importante para diferentes cultivos, sejam eles consorciados ou em rotação de culturas. O Objetivo do trabalho foi analisar a dinâmica do nitrogênio em um sistema agroecológico de cultivo protegido com fabáceas intercalares ao minitomateiro em plantio direto sobre palhada de milho durante dois anos de cultivo do minitomateiro. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com oito tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos: testemunha com palha de milho, testemunha sem palha de milho, consórcio com as seguintes espécies com o minitomateiro: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC), crotalária-júncea (*Crotalaria juncea* L.), mucuna-anã [(*Mucuna deeringiana* (Bort) Merrill)], feijão-mungo (*Vigna radiata* (L.) Wilczek), tremoço-branco (*Lupinus albus* L.), feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). O tratamento com feijão-caupi teve menor número e massa de frutos comerciais (NFC e MFC) comparados com os tratamentos mucuna-anã e feijão-de-porco, respectivamente. O tratamento com feijão-de-porco apresentou aproximadamente, 25% e 8% maior massa de fruto total (MFT) e massa média de fruto total (MMFT) comparado ao tratamento com feijão-caupi, nesta ordem. O número e massa dos frutos comerciais e totais foram menores no segundo ano. Para o número de frutos totais (NFT), (MFT) e (MMFT), o ano 1 foi superior em 25%, 33% e 13% comparado ao ano 2, respectivamente. Os frutos no primeiro ano apresentaram maior massa média, menor teor de nutriente e menor relação entre sólido solúveis totais e acidez titulável total (SST/ATT) do que no segundo ano. O tratamento com feijão-caupi teve maior porcentagem de N transferido na folha do minitomateiro comparado ao tratamento com feijão-mungo. Os adubos verdes não reduziram a produtividade, os parâmetros químicos da qualidade e os teores de macro e micronutrientes do minitomateiro. Não houve interferência entre os adubos verdes e as plantas de minitomate. As leguminosas utilizadas neste trabalho mostram potencial de transferência de N para o minitomateiro.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*; Nitrogênio; Consórcio; Abundância natural de nitrogênio-15

ABSTRACT

Effect of the green manure intercropping with organic cherry tomato in greenhouse on productivity, quality and nitrogen transfer

The practice of green manure has proven important for different crops, whether when on intercropping or on crop rotation. This paper analyzes the dynamics of nitrogen in an agroecological greenhouse intercropped green manure with cherry tomato under no-tillage system. The experimental design is a randomized block with eight treatments and five replications, which are: control treatment with corn straw, control treatment without corn straw; intercropping of the following species with the cherry tomato: jack bean (*Canavalia ensiformis*), crotalaria juncea (*Crotalaria juncea* DC), velvet bean [(*Mucuna deeringiana* (Bort) Merrill)], mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek), white lupine (*Lupinus albus* L.), cowpea bean (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). The treatment with cowpea had lower number and weight of commercial fruits (NCF and WCF) compared to the treatments velvet bean and jack bean, respectively. Treatment with jack bean showed approximately 25% and 8% higher total fruit weight (TFW) and total average fruit weight (TAFW), compared to treatment with cowpea bean, in this order. The number and weight of commercial and total were lower in the second year. For the total number of fruits (TNF), (TFW) and (TAFW), year 1 was higher in 25%, 33% and 13% compared to year 2, respectively. The fruits in the first year showed higher average weight, lower nutrient content, and lower relation between total soluble solids and total titratable acidity (TSS/TTA) than in the second year. plants. Treatment with cowpea beans had a higher % of N transferred in the leaf of cherry tomato compared to the treatment with mung bean. Green manures did not reduce productivity, chemical quality parameters, and macro and micronutrient contents of the cherry tomato. There was no interference between green manures and cherry tomato. The legumes used in this work show the potential of transfer of N to the cherry tomato.

Keywords: *Solanum lycopersicum*; Nitrogen; Consortium; ¹⁵N natural abundance

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. TEMPERATURA MÉDIA (TMÉDIA), MÁXIMA (TMAX) E MÍNIMA (TMIN) (°C) E UR- UMIDADE RELATIVA (%) CORRESPONDENTE AOS MESES DE CULTIVO DE MINITOMATEIRO DOS ANOS DE 2012/2013/2014.	19
FIGURA 2. PARÂMETROS QUÍMICOS DO FRUTO DO MINITOMATE: PH (A), SST - TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS (B), SST/ATT - RELAÇÃO DO TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVEIS E ACIDEZ TITULÁVEL (C), ATT -ACIDEZ TITULÁVEL (D), AT - AÇÚCARES TOTAIS (E), AR - AÇÚCARES REDUTORES (D). MÉDIAS SEGUIDAS DE MESMA LETRA MINÚSCULA ENTRE SI NÃO DIFEREM ENTRE SI (TESTE F, $P < 0,1$).	29
FIGURA 3. ILUSTRAÇÃO DA PARCELA EXPERIMENTAL DO CONSÓCIO DOS ADUBOS VERDES COM O MINITOMATE, ESTANDO EM DESTAQUE A ÁREA ÚTIL DA PARCELA	38
FIGURA 4. TEORES DE NUTRIENTES NO BROTO DE MINITOMATEIRO NOS DOIS ANOS DE CULTIVO. P- FÓSFORO (A), K- POTÁSSIO (B), MG- MAGNÉSIO (C), CA- CÁLCIO (D), CU- COBRE (E), FE- FERRO (F), MN- MANGANÊS (G), ZN- ZINCO (H). MÉDIAS SEGUIDAS DE MESMA LETRA MINÚSCULA ENTRE SI NÃO DIFEREM ENTRE SI (TESTE F, $P > 0,10$).	49
FIGURA 5. TEORES DE NUTRIENTES NA FOLHA DE MINITOMATEIRO NOS DOIS ANOS DE CULTIVO. P- FÓSFORO (A), K- POTÁSSIO (B), MG- MAGNÉSIO (C), CA- CÁLCIO (D), CU- COBRE (E), FE- FERRO (F), MN- MANGANÊS (G), ZN- ZINCO (H). MÉDIAS SEGUIDAS DE MESMA LETRA MINÚSCULA ENTRE SI NÃO DIFEREM ENTRE SI (TESTE F, $P > 0,10$).	50

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. DENSIDADE DE PLANTIO DOS ADUBOS VERDES UTILIZADAS NO EXPERIMENTO.....	22
TABELA 2. NÚMERO E MASSA DE FRUTOS COMERCIAIS POR PLANTA DE MINITOMATE.	23
TABELA 3. NÚMERO E MASSA DE FRUTOS DANIFICADOS POR PLANTA DE MINITOMATE.	24
TABELA 4. MASSA MÉDIA DOS FRUTOS COMERCIAIS (MMFC) E MASSA MÉDIA DOS FRUTOS DANIFICADOS (MMFD) DO MINITOMATEIRO.	25
TABELA 5. TEOR DE FOSFORO (P) E POTÁSSIO (K) NOS FRUTOS DO MINITOMATEIRO.	26
TABELA 6. TEOR DE MAGNÉSIO (MG) E CÁLCIO (CA) NOS FRUTOS DO MINITOMATEIRO.	26
TABELA 7. TEOR DE COBRE (CU) E FERRO (FE) NOS FRUTOS DO MINITOMATEIRO.	27
TABELA 8. - TEOR DE MANGANÊS (MN) E ZINCO (ZN) NOS FRUTOS DO MINITOMATEIRO	27
TABELA 9. ABUNDÂNCIA NATURAL ^{15}N DA FOLHA E DO FRUTO DO MINITOMATEIRO SOLTEIRO DO EXPERIMENTO PILOTO (PLANTA REFERÊNCIA).	40
TABELA 10. ABUNDÂNCIA NATURAL DE ^{15}N DO BROTO, FOLHA E FRUTO DO MINITOMATEIRO.	43
TABELA 11. N TRANSFERIDO (%) DOS ADUBOS VERDES PARA O BROTO, FOLHA E FRUTO DE MINITOMATEIRO.	46
TABELA 12. TEOR DE N TOTAL NO BROTO, NA FOLHA E NO FRUTO DO MINITOMATEIRO.	47
TABELA 13. NÚMERO DE FRUTOS TOTAL (NFT), MASSA DE FRUTOS TOTAL (MFT), MASSA MÉDIA DE FRUTOS TOTAL (MMFT) DO MINITOMATEIRO...	52

1. INTRODUÇÃO

O tomate é uma das hortaliças mais produzidas e consumidas no mundo. Segundo a FAOSTAT (2014), a produção mundial de tomate chegou a 170,8 milhões de toneladas, sendo que 59,5% desta produção são advindas da Ásia e 15,7% das Américas. O Brasil é o maior produtor de tomate da América Latina com 3,8 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2014). Segundo Pereira-Carvalho et al. (2014) os grupos varietais predominante no Brasil são: Salada com 52,2%, Italiano/Saladete com 25,1%, Santa Cruz com 21,9%, e Cereja/Grape com 0,8% do mercado. Apesar do grupo varietal de minitomate (Cereja/Grape) ser pouco produzido no Brasil comparado aos demais grupos varietais, o consumo de mini-hortaliças vem crescendo em média 15 a 20% ao ano, sendo procurados por consumidores preocupados com uma dieta mais equilibrada e saudável (Junqueira et al., 2011). Atrelado a isso, está a agricultura orgânicos que vem disponibilizando alimento saudáveis e isentos de agrotóxicos, sendo procurado por estes mesmos consumidores (Junqueira, et al., 2000).

De acordo com Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) no Brasil existiu 11.670 produtores no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos somando uma área de 750 mil hectares (Meirelles, 2016). A agricultura orgânica cresceu 75% em 15 anos, chegando em 2014 com uma área plantada de 43,7 milhões de hectares em 142 países (Willer and Lernoud, 2016). Dessa área total, apenas 0,5% é destinada à produção de hortaliças (Lernoud and Willer, 2016).

Na agricultura orgânica os agricultores encontram desafios devido à escassez de insumos, como para a fertilização. Segundo Seufert, Ramankutty, & Foley, (2012) no momento em que a agricultura orgânica recebeu uma quantidade maior de nitrogênio (N) em seu sistema quando comparado a convencional seu desempenho melhorou, mostrou que a agricultura orgânica pode ser limitada pela entrada de N. O nitrogênio é um macronutriente importante para a cultura do tomateiro, sendo o segundo macronutriente extraído em maior quantidade (Trani et al., 2015). O suprimento apropriado de N é necessário para melhor desenvolvimento, aumento da produtividade e qualidade do tomate (Elia & Conversa, 2012; Ozores-Hampton et al., 2012). Entretanto, pouco se sabe exatamente a quantidade de N que as culturas podem absorver provenientes de adubos orgânicos como compostagem, adubação verde, torta de mamona. Nesse sentido, é de grande importância compreender a dinâmica do N dentro desse sistema orgânico de produção.

Dentre as muitas práticas agronômicas utilizadas na agricultura orgânica está a adubação verde que se tem mostrado importante para diferentes cultivos, sejam eles consorciados ou em rotação de culturas. Isso se deve aos inúmeros benefícios trazidos por essa prática como as melhorias dos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo, controle de pragas e doenças, incremento da produtividade, controle de daninhas (Ambrosano et al., 2011; Dantas et al., 2015; Tao et al., 2017; Deberdt et al., 2015; R. Li, Tao, Ling, & Chu, 2017). As plantas de adubos verdes incorporadas ou não ao solo aumentam a matéria orgânica do solo, reduzem a emissão dos gases do efeito estufa pela fixação de carbono no solo, e promove a fixação biológica de nitrogênio por parte da interação simbiótica com bactérias nitrificantes com as leguminosas (Wutke et al., 2014). Segundo Mercante et al. (2014) a fixação biológica de N (FBN) é considerada o processo biológico mais importante depois da fotossíntese e é responsável por aproximadamente, 65% da entrada de N total na Terra.

O nitrogênio (N) proveniente da FBN pode ser transferido para culturas não leguminosas em rotação ou consórcio, de forma intercalar. De acordo com resultados reportados por Ambrosano et al. (2011), pesquisando leguminosas em rotação com cana-de-açúcar, ficou evidente que 19 a 21% do N fixado pelas leguminosas é recuperado nos dois primeiros cortes consecutivos da cana. Em estudo com cultivo de leguminosas (*Chamaecrista fasciculata*, *Crotalaria juncea* e *Trifolium pratense*) consorciadas com *Panicum*, verificou-se que aproximadamente, 44% do N foram transferidos das leguminosas para a *Panicum* (não leguminosa) (Ashworth et al., 2015). Segundo Thilakarathna et al. (2016), o sistema de consórcio entre plantas leguminosas e não leguminosas facilitaria o aproveitamento mais eficiente do N fixado e reduziria as perdas desse N. Isso baseado na premissa de que o N fixado pela leguminosa pode ser transferido a planta em consórcio, através de exsudados radiculares, liberação do gás amônia pelos adubos verdes, por intermédio das micorrizas, evitando assim as perdas do N fixado por volatilização e/ou lixiviação. Muitas das pesquisas relacionadas com a movimentação do N no sistema solo-planta utilizam da técnica isotópica (^{15}N) para determinar com maior precisão seus caminhos no ambiente (Clark et al., 2017).

Nesse contexto, os objetivos do trabalho foram avaliar: (1) a produtividade, qualidade e teores de nutrientes do minitomateiro em consórcio, (2) a transferência de N em sistema de cultivo intercalar com adubos verdes e minitomateiro utilizando o método de abundância natural de ^{15}N .

Referências

- Ambrosano, E. J., Cantarella, H., Ambrosano, G. M. B., Schammas, E. A., Dias, F. L. F., Rossi, F., ... Azcón, R. (2011). Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas. *Bragantia*, 70(4), 810–818.
- Ambrosano, E. J., Trivelin, P. C. O., Cantarella, H., Ambrosano, G. M. B., Schammas, E. A., Muraoka, T., & Rossi, F. (2011). Labeled nitrogen utilization by the sugarcane ratoon N-labeled nitrogen from green manure and ammonium sulfate utilization by the sugarcane ratoon. *Scientia Agricola*, 68(3), 361–368.
- Ashworth, A. J., Taylor, A., Beamer, K., Ashworth, A. J., West, C. P., Allen, F. L., ... Beamer, K. P. (2015). Biologically Fixed Nitrogen in Legume Intercropped Systems: Comparison of Nitrogen-Difference and Nitrogen-15 Enrichment... *Agronomy journal*, 107(6), 2419–2430.
- Chalk, P. M., & Smith, C. J. (2017). ¹⁵N methodologies for estimating the transfer of N from legumes to non-legumes in crop sequences. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 1–23.
- Dantas, R. de A., Carmona, R., Carvalho, A. M. de, Rein, T. A., Malaquias, J. V., Santos Júnior, J. de D. G. dos, ... Santos Júnior, J. de D. G. dos. (2015). Produção de matéria seca e controle de plantas daninhas por leguminosas consorciadas com cana-de-açúcar em cultivo orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50(8), 681–689.
- Deberdt, P., Gozé, E., Coranson-Beaudu, R., Perrin, B., Fernandes, P., Lucas, P., & Ratnadass, A. (2015). *Crotalaria spectabilis* and *raphanus sativus* as previous crops show promise for the control of bacterial wilt of tomato without reducing bacterial populations. *Journal of Phytopathology*, 163(5), 377–385.
- Elia, A., & Conversa, G. (2012). Agronomic and physiological responses of a tomato crop to nitrogen input. *European Journal of Agronomy*, 40, 64–74.
- FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistic Division. Production. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 12 abril 2017.
- Junqueira, A. H. & Luengo, R. F. A. (2000). Mercados diferenciados de hortaliças. *Horticultura Brasileira*, 18(2), 95-99.
- Junqueira, A. H., Peetz, M. S. & Onoda, S. M. (2011). SWEET GRAPE: Um modelo de inovação na gestão da cadeia de produção e distribuição de hortaliças diferenciadas no Brasil. ESPM. p. 1-19. Disponível em: <http://www.organicnet.com.br/wp-content/uploads/sweet_grape.pdf>. Acesso em: 12 de mar. 2017.

- Lenoud, J. & Willer, H. (2016). Statistics on selected crop: vegetables. p.114-116. In: Willer, H. & Lenoud, J., eds. *The world of organic agriculture. Statistics and Emerging Trends 2016*. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) and IFOAM- Organics International, Switzerland.
- Li, R., Tao, R., Ling, N., & Chu, G. (2017). Chemical, organic and bio-fertilizer management practices effect on soil physicochemical property and antagonistic bacteria abundance of a cotton field: Implications for soil biological quality. *Soil and Tillage Research*, 167, 30–38.
- Meirelles, L. (2016). Country Report: Organic Agriculture in Brazil. p. 240-241. In: Willer, H.; Lenoud, J., eds. *The world of organic agriculture. Statistics and Emerging Trends 2016*. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) and IFOAM- Organics International, Switzerland.
- Mercante, F. M. et al. Fixação biológica de nitrogênio em adubos verdes. (2014). In: Filho, O. F. de L. 1 ed. *Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil* (307-334). Brasília: Embrapa.
- Ozores-Hampton, M., Simonne, E., Roka, F., Morgan, K., Sargent, S., Snodgrass, C., & Mcavoy, E. (2012). Spring with Subsurface Irrigation. *Hortscience*, 47(8), 1129–1135.
- Seufert, V., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485(7397), 229–232. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1038/nature11069>
- Tao, J., Liu, X., Liang, Y., Niu, J., Xiao, Y., Gu, Y., ... Yin, H. (2017). Maize growth responses to soil microbes and soil properties after fertilization with different green manures. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101(3), 1289–1299.
- Pereira-Carvalho, R. de C., Tobar, L. L. M., Dianese, E. de C., Fonseca, M. E. de N. & Boiteux, L. S. (2014). Melhoramento genético do tomateiro para resistência a doenças de etiologia viral: avanços e perspectiva. *RAPP*, 22, 280-361.
- Thilakarathna, M. S., Papadopoulos, Y. A., Rodd, A. V., Grimmett, M., Fillmore, S. A. E., Crouse, M., & Prithiviraj, B. (2016). Nitrogen fixation and transfer of red clover genotypes under legume-grass forage based production systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 106(2), 233–247.
- Trani, P. E. et al. (2015) Calagem e adubação do tomate de mesa. Campinas: Instituto Agrônômico, 35p.
- Willer, H. & Lenoud, J. (2016). The world of organic agriculture 2016: summary. p.24-32. In: Willer, H. & Lenoud, J., eds. *The world of organic agriculture. Statistics and Emerging*

Trends 2016. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) and IFOAM- Organics International, Switzerland.

Wutke, E. B., Calegari, A. & Wildner, L. do P. (2014). Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendação para seu uso. In: Filho, O. F. L. 1 ed. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil (307-334). Brasília: Embrapa.

2. PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO MINITOMATEIRO ORGÂNICO CONSORCIADO COM ADUBOS VERDES

RESUMO

O objetivo do trabalho foi determinar parâmetros produtivos e de qualidade do minitomateiro orgânico cultivado em consócio com os adubos verdes em dois anos sucessivos. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com oito tratamentos e cinco repetições, sendo os tratamentos: duas testemunhas com minitomateiro solteiro, sendo uma com palhada e outra sem palhada de milho em cobertura, minitomateiro intercalar com feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC), crotalária-júncea (*Crotalaria juncea* L.), mucuna-anã [(*Mucuna deeringiana* (Bort) Merrill)], feijão-mungo (*Vigna radiata* (L.) Wilczek), tremoço-branco (*Lupinus albus* (L.) Walp), feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.), sendo que todos os tratamentos com adubo verde intercalar receberam em cobertura a palhada de milho. O tratamento com feijão-caupi teve menor número e massa de frutos comerciais comparados com os tratamentos mucuna-anã e feijão-de-porco, respectivamente. O número e massa dos frutos comerciais foram menores no segundo ano. Os frutos no primeiro ano apresentaram maior massa média, menor teor de nutriente, e menor relação sólidos solúveis totais SST/ATT e acidez titulável total do que no segundo ano. Os adubos verdes não reduziram a qualidade e nem os teores de nutrientes do fruto do minitomateiro.

Palavras-chave: Agricultura orgânica; *Solanum lycopersicum*; Consócio; Leguminosas

ABSTRACT

The aim of the study was to determine the yield and quality parameters of organic cherry tomato cultivated in intercropping with green manure in two successive years. The experimental design was a randomized block with eight treatments and five replicates follow: two controls with crop single cherry tomato, one with addition straw and the other without corn straw in addition as cover crop, an intercrop cherry tomato with jack bean (*Canavalia ensiformis* DC); with lupine (*Lupinus albus* L.); sun hemp (*Crotalaria juncea* L.); velvet bean-dwarf [(*Mucuna deeringiana* (Bort) Merrill)]; mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek), cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), and all the treatments with green manure received corn straw as mulch. Treatment with cowpea had a lower number and weight of commercial fruits compared to the treatments velvet bean-dwarf and jack bean, respectively. The number and weight of the commercial fruits were lower in the second year. The fruits in the first year presented higher average weight, lower nutrient content and lower soluble solids total TSS / ATT ratio

total than the second year. Green manures did not reduce the quality or nutrient content of the tomato fruit.

Keywords: Organic agriculture; *Solanum lycopersicum*; Intercropping; Legume

2.1. Introdução

A preocupação com a insegurança dos alimentos e o impacto ambiental na produção dos mesmos fez com que os consumidores buscassem alimentos cultivados em sistemas alternativos (Rembialkowska, 2007; Hidalgo-Baz, Martos-Partal, & Benito, 2017). A agricultura orgânica cresceu 75% nos últimos 15 anos, alcançando em 2014 com uma área plantada de 43,7 milhões de hectares em 142 países. Dessa área apenas 0,5% foi destinada à produção de hortaliças (Lernoud & Willer, 2016).

O tomate é uma das hortaliças mais produzidas no Brasil. Em 2016 a produção atingiu 3,7 milhões de toneladas (IBGE, 2017). A comercialização do tomate para os produtores orgânicos tem melhor retorno econômico devido à demanda e ao preço mais elevado em comparação com outras hortaliças. A procura por produtos saudáveis e nutritivos e o marketing dos produtos gourmet tem agregado valor aos alimentos orgânicos. (Mditshwa, Magwaza, Tesfay, & Mbili, 2017). Entretanto, os produtores orgânicos encontram desafios para viabilizar a produção de tomate orgânico em virtude da escassez de insumos entre eles destacam-se os fertilizantes.

As fontes de nitrogênio utilizadas na agricultura orgânica basicamente são a compostagem, o biofertilizante e a adubação verde. A prática da adubação verde tem-se mostrado importante para diferentes cultivos, sejam eles consorciados ou em rotação de culturas. Isso se deve aos inúmeros benefícios propiciados por essa prática como a melhoria dos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo, incremento da produtividade, controle de plantas daninhas (Edmilson José Ambrosano, Cantarella, et al., 2011; Dantas et al., 2015; Tao et al., 2017). Contudo, são poucos os estudos que mostram a influência dos adubos verdes na produtividade e qualidade de oleáceas sob cultivo orgânico com destaque para o tomate.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi determinar parâmetros produtivos e de qualidade do minitomateiro orgânico cultivado em consócio com os adubos verdes em dois anos sucessivos.

2.2. Material e Método

O experimento foi conduzido em uma área agroecológica por dois anos sucessivos (2012/2013 e 2013/2014) em cultivo protegido na Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio (APTA/Polo Centro-Sul) localizado no município de Piracicaba - SP, com altitude de 540 m, latitude de 22°43'S e longitude 47°38'W, apresentando temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C e a temperatura do mês mais frio 16,9 °C. A temperatura média e umidade relativa média no período que corresponde ao cultivo do minitomateiro estão apresentados na Figura 1.

Figura 1. Temperatura média (Tmédiás), máxima (Tmax) e mínima (Tmin) (°C) e UR- Umidade Relativa (%) correspondente aos meses de cultivo de minitomateiro dos anos de 2012/2013/2014.

O solo desta área corresponde ao Nitossolo com as seguintes características físicas e químicas: argila: 36%, silte: 23%, areia fina: 28%, areia grossa: 13%, pH: 5,8, MO: 20 g dm⁻³, P: 29 mg dm⁻³, K: 8,4 mmol_c dm⁻³, Ca: 35 mmol_c dm⁻³, Mg: 11 mmol_c dm⁻³, H+AL: 20 mmol_c dm⁻³, Al: 0 mmol_c dm⁻³, S: 5 mg dm⁻³, B: 0,42 mg dm⁻³, Cu: 4,5 mg dm⁻³, Fe: 51 mg dm⁻³, Mn: 45 mg dm⁻³, Zn: 3,1 mg dm⁻³, SB: 54,4 mmol_c dm⁻³, CTC: 74,4 mmol_c dm⁻³, V: 69%, m: 0%.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com oito tratamentos e cinco repetições, sendo os tratamentos: 1- Testemunha sem palha de milho (TSP), 2- Testemunha com palha de milho (TCP), 3- Minitomateiro intercalar com feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC), 4- Minitomateiro intercalar com crotalária-júncea (*Crotalaria juncea* L.), 5- Minitomateiro intercalar com mucuna-anã [(*Mucuna deeringiana* (Bort) Merrill)], 6- Minitomateiro intercalar com feijão-mungo (*Vigna radiata* (L.) Wilczek), 7- Minitomateiro intercalar com tremoço-branco (*Lupinus albus* L.), 8- Minitomateiro intercalar com feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Após o transplântio do minitomateiro cobriu-se o solo com palhada de milho (equivalente a seis toneladas de massa seca de palha por hectare) em todas as parcelas com exceção da testemunha sem palha de milho.

Foram utilizadas duas estufas conjugadas do tipo arco de estrutura metálica com cobertura de filme plástico de polietileno transparente de baixa densidade (PEBD), com espessura de 75 µm e suas laterais abertas, recobertas apenas com sombrite, com dimensões de 6,0 m x 50,0 m e pé direito de 2,5 m cada uma, totalizando 600 m².

A semente do minitomateiro utilizada neste experimento foi o Acesso 21 do Instituto Agrônômico (IAC), que também são chamadas de minitomateiro selvagens, por terem sido encontrados crescendo espontaneamente no meio de outras culturas ou em cultivos domésticos (Filho & Melo, 2001). De acordo com mesmo autores, o acesso 21 (IAC) tem sido cultivado por alguns produtores orgânicos que aproveitam suas características como a tolerância ao ataque das principais pragas e doenças do tomateiro. Dentre todos os acessos selecionados pelo IAC, o acesso 21 esteve entre os acessos mais produtivos (Filho & Melo, 2001).

As sementes do acesso 21 foram semeadas em bandejas poliestireno com 128 células e o transplântio foi realizado em covas (10³ cm³) no espaçamento de 0,9 m entre linhas e 0,6 m entre plantas de minitomate. Os adubos verdes foram semeados na área experimental em duas linhas entre as linhas do minitomateiro. O transplântio das mudas de minitomateiro e a semeadura do adubo verde ocorreram simultaneamente no mês de agosto nos dois anos. As plantas foram adubadas nas covas com 25 g de termofosfato o equivalente a 4,4 g de P₂O₅, 4,5 g de Ca, 1,8 g de Mg, 0,01 g de Cu, 0,03 g de B, 0,08 g de Mn, 2,5 g de Si, 0,14 g de Zn; e 2,7 g de sulfato de potássio equivalente a 1,4 g de K₂O e 0,5 g de S. Não houve adubação nitrogenada na área experimental, sendo as fontes de N presentes na área foram os adubos verdes e o solo. Cada parcela experimental continha 12 plantas de minitomate (seis de cada

lado da parcela), sendo que a área útil avaliada foram as 8 plantas centrais (4 minitomateiro de cada lado da parcela).

As plantas foram irrigadas segundo suas necessidades hídricas utilizando o sistema de irrigação por gotejamento. Os adubos verdes também foram irrigados da mesma forma. Os minitomateiros foram conduzidos sob duas hastes e tutorados com fitilho, onde realizou-se a poda apical aos 120 dias após o transplantio (DAT) o que corresponde ao oitavo racemo. No total, foi realizado nove colheitas de minitomates no ano 1 e treze colheitas de minitomates no ano 2.

Os frutos colhidos em estágio maduro foram separados em frutos comerciais e frutos danificados, posteriormente contados e pesados para determinação do número de frutos comerciais e danificados por planta (NFC, NFD), massa dos frutos comerciais e danificados por planta (MFC e MFD) e massa média dos frutos comercial e danificado (MMFD). Retirou-se uma amostra dos frutos para determinação dos parâmetros químicos de qualidade do fruto.

Na análise química da qualidade do minitomate, determinou-se: pH em potenciômetro; teor de sólidos solúveis (°Brix) em refratrômetro; acidez total titulável (% ácido cítrico) por titulação potenciométrica segundo métodos N° 932.12, N° 932.12, N° 942.15- AOAC, 1997; respectivamente. O teor de açúcares totais e redutores (%) foi determinado pelo método de Eynon e Lane descrito por Carvalho et al. (1990). A relação entre o teor de sólidos solúveis (°Brix) e a acidez total titulável (%) foi obtido dividindo o teor de sólidos solúveis (°Brix) pelo valor da acidez total titulável (%).

Para análise dos macros e micronutrientes do minitomateiro, os frutos foram amostrados e levados ao laboratório, secos a 65 °C em estufa com circulação forçada de ar por 72 horas. Posteriormente, foram moídos em um moinho tipo Wiley e realizadas as análises para determinações dos teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, segundo metodologia descrita em Malavolta et al. (1997).

Os adubos verdes foram semeados em diferentes densidades conforme a recomendação que consta na Tabela 1 (Aguiar, Golçalves, Paterniani, Tucci, & Castro, 2014).

Tabela 1. Densidade de semeadura dos adubos verdes utilizadas no experimento.

Tratamentos	Densidade de semeadura
	----- Sementes m ⁻¹ -----
1- Testemunha sem palha de milho (TSP)	--
2- Testemunha com palha de milho (TCP)	--
3- Minitomateiro intercalar com feijão-de-porco	5
4- Minitomateiro intercalar com crotalária-júncea	11
5- Minitomateiro intercalar com mucuna-anã	5
6- Minitomateiro intercalar com feijão-mungo	20
7- Minitomateiro intercalar com tremoço-branco	7
8- Minitomateiro intercalar com feijão-caupi	20

A análise estatística foi realizada utilizando o conceito de medidas repetidas no tempo e os dados analisados através do procedimento MIXED do programa SAS (Statistical Analysis System, 9.3). O nível de significância adotado para a análise de variância foi de 10%.

2.3. Resultado e Discussão

Houve diferença ($p < 0,10$) entre os tratamentos mucuna-anã e feijão-caupi para a variável número de frutos comerciais (NFC), e entre feijão-de-porco e feijão-caupi para massa de frutos comerciais (MFC), independentemente do ano (Tabela 2). O tratamento com minitomateiro intercalar com a mucuna-anã (129,0 frutos planta⁻¹) produziu 27% a mais de NFC que os tratamentos com feijão-caupi (94,4 frutos planta⁻¹). A MFC dos tratamentos com feijão-de-porco (1410,8 g planta⁻¹) foi 30% superior que o feijão-Caupi (985,3 g planta⁻¹).

De acordo com Ambrosano, Rossi, Dias Tavares & Ambrosano (2014) o feijão-caupi intercalar ao minitomate em campo produz, aproximadamente, 1,6 t ha⁻¹ de massa seca que é 63% maior que a produção de massa seca da mucuna-anã (0,6 t ha⁻¹). Desta forma, ao que tudo indica, houve uma competição interespecífica entre o minitomateiro e o feijão-caupi por recursos como espaço e luz afetando a produtividade do minitomateiro. Liu, Cheng, Meng, Ahmad, & Zhao (2014), observaram que o consórcio do tomateiro com alho teve impacto negativo na produtividade do tomateiro pela competição entre as plantas por água, espaço e nutrientes. De acordo com Sakai et al.(2011), a alface intercalar aos adubos verdes teve seu rendimento inferior ao comparar com o cultivo de alface solteiro. Segundo o mesmo autor, a competição pode se estabelecer por diferentes fatores (água, luz, nutrientes) que ocorrem simultaneamente.

Em média, o minitomateiro no ano 1 teve 15% e 26% a mais de NFC (125,9 frutos planta⁻¹) e MFC (1436,3 g planta⁻¹) quando comparado com ano 2 (107,0 frutos planta⁻¹; 1067,37 g planta⁻¹), respectivamente (Tabela 2). Valores médios do NFC (116,5 frutos planta⁻¹) e MFC (1251,9 g planta⁻¹) dos dois anos de cultivo no presente trabalho foram similares aos valores médios do NFC (128,9 frutos planta⁻¹) e MFC (1333 g planta⁻¹) para minitomateiro acesso 21 em campo encontrados por Ambrosano, Rossi, Dias, Tavares & Ambrosano (2014).

Tabela 2. Número e massa de frutos comerciais por planta de minitomate.

Tratamentos	Número de Frutos Comerciais (NFC)			Massa dos Frutos Comerciais (MFC)		
	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média
	----- frutos planta ⁻¹ -----			----- g planta ⁻¹ -----		
TSP	116,3	122,5	119,4 AB	1317,0	1313,1	1315,0 AB
TCP	139,3	100,9	120,1 AB	1601,3	994,5	1297,9 AB
Feijão-de-porco	139,1	111,5	125,3 AB	1667,4	1154,1	1410,8 A
Crotalaria-juncea	128,2	94,0	111,1 AB	1440,3	958,8	1199,5 AB
Mucuna-anã	128,4	129,6	129,0 A	1465,6	1199,9	1332,8 AB
Feijão-mungo	127,0	100,3	113,7 AB	1465,5	1014,2	1239,9 AB
Tremoço-branco	124,3	113,5	118,9 AB	1383,5	1083,8	1233,7 AB
Feijão-caupi	104,7	84,0	94,4 B	1150,0	820,6	985,3 B
Média	125,9 a	107,0 b		1436,3a	1067,4 b	
CV (%)	29,93			31,47		

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes nas linhas diferem ($p < 0,10$) entre si pelo teste F e médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem ($p < 0,10$) entre si pelo teste de Tukey-Kramer.

O número de frutos danificados (NFD) e massa dos frutos danificados (MFD) também foi maior no ano 1 (46,7 frutos planta⁻¹, 430,6 g planta⁻¹) comparado ao ano 2 (23,1 frutos planta⁻¹; 179,8 g planta⁻¹) (Tabela 3). Não houve diferença ($p > 0,10$) nos NFD, NFC, MFD e MFC entre os tratamentos com adubos verdes intercalares ao minitomateiro e minitomateiro solteiro (testemunha). Ao que aparece, pode ser um indicativo de que o consórcio com adubos verde não interfere negativamente na produtividade do minitomateiro, ou seja, não aumenta o NFD e MFD e nem diminui o NFC e MFC comparado com o cultivo de minitomateiro solteiro (Tabela 3 e 2).

Tabela 3. Número e massa de frutos danificados por planta de minitomate.

Tratamentos	Número de Frutos Danificados (NFD)			Massa dos Frutos Danificados (MFD)		
	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média
	----- frutos planta ⁻¹ -----			----- g planta ⁻¹ -----		
TSP	43,43	23,07	34,64 A	401,87	213,26	307,57 A
TCP	48,75	20,73	34,74 A	442,12	155,20	298,66 A
Feijão-de-porco	51,65	26,42	39,04 A	499,15	210,20	354,68 A
Crotalaria-juncea	51,25	22,05	36,65 A	473,62	162,16	317,89 A
Mucuna-anã	45,52	20,25	32,88 A	408,53	155,29	281,91 A
Feijão-mungo	40,50	20,85	30,67 A	376,05	161,05	268,55 A
Tremoço-branco	42,27	21,20	31,73 A	380,43	160,24	270,33 A
Feijão-caupi	50,27	27,24	38,76 A	463,20	220,73	341,96 A
Média	46,70 a	23,07 b		430,62 a	179,77 b	
CV (%)	23,13			24,58		

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes nas linhas diferem ($p < 0,1$) entre si pelo teste F e médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem ($p < 0,1$) entre si pelo teste de Tukey-Kramer.

Os tratamentos consorciados com feijão-de-porco obtiveram massa média dos frutos comerciais (MMFC), em média, 8% superiores aos tratamentos com mucuna-anã, tremoço-branco e feijão-caupi (Tabela 4). Para esta mesma variável também houve diferença ($p < 0,10$) entre os anos (Tabela 4). No ano 1 obteve-se o MMFC (11,38 g fruto⁻¹) 14 % superior ao ano 2 (9,77 g fruto⁻¹). Proporcionalmente, o MMFD também foi superior no ano 1 (9,25 g fruto⁻¹) comparado ao ano 2 (7,56 g fruto⁻¹) (Tabela 4).

O cultivo sucessivo de tomateiro na mesma área favoreceu, possivelmente, a disseminação da requeima (*Phytophthora infestans*), que em condições favoráveis (temperaturas mais baixas e alta umidade relativa), contribuiu para uma maior infecção dessa doença nas folhas do minitomateiro. Ao que tudo indica, essa é a causa da menor produtividade do minitomateiro no segundo ano. Segundo Lima, Maffia, Barreto, & Mizubuti (2009), o cultivo sucessivo de tomateiro constitui ameaça constante a novas culturas considerando que na área há disponibilidade de esporângio aerotransportados, esporângio produzidos em detritos da colheita e a presença de plantas hospedeiras. A requeima é considerada uma das principais doenças em tomateiro orgânico. De acordo com Bruggen & Finckh (2016) doenças foliares de ciclo múltiplo como a requeima podem ser um problema grave para agricultores orgânicos por terem poucas medidas de controle eficazes. A requeima, ocorre principalmente, em ambientes com elevada umidade relativa e baixas temperaturas, entretanto há estudo que

aponta que a infecção dessa doença em plantas de tomate pode ocorrer também em temperaturas mais elevadas (27 °C) (Maziero, Maffia & Mizubuti, 2009; Danies et al., 2013)

Tabela 4. Massa média dos frutos comerciais (MMFC) e massa média dos frutos danificados (MMFD) do minitomateiro.

Tratamentos	MMFC			MMFD		
	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média
	----- g fruto ⁻¹ -----					
TSP	11,21	10,48	10,84 AB	9,21	7,82	8,52 A
TCP	11,51	9,62	10,56 AB	9,11	7,23	8,17 A
Feijão-de-porco	11,96	10,31	11,14 A	9,70	7,83	8,77 A
Crotalaria-juncea	11,21	9,86	10,53 AB	9,32	7,24	8,28 A
Mucuna-anã	11,43	9,13	10,28 B	9,09	7,46	8,27 A
Feijão-mungo	11,60	9,85	10,73 AB	9,34	7,49	8,41 A
Tremoço-branco	11,12	9,33	10,23 B	8,99	7,51	8,25 A
Feijão-caupi	10,98	9,57	10,27 B	9,20	7,88	8,54 A
Média	11,38 a	9,77 b		9,25 a	7,56 b	
CV (%)	7,59			10,45		

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes nas linhas diferem ($p < 0,10$) entre si pelo teste F e médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem ($p < 0,10$) entre si pelo teste de Tukey-Kramer.

Em relação aos macros e micronutrientes no fruto, não houve diferença ($p > 0,10$) nos teores de fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) entre os tratamentos (Tabela 5, 6, 7, 8). Em médias, os frutos do minitomateiro acesso 21 apresentaram 3,39 g kg⁻¹ de P, 33,28 g kg⁻¹ K, 1,95 g kg⁻¹ de Mg, 1,38 g kg⁻¹ de Ca, 7,0 mg kg⁻¹ de Cu, 54,36 mg kg⁻¹ de Fe, 8,90 mg kg⁻¹ de Mn, 27,71 mg kg⁻¹ de Zn. Alguns destes valores estão próximos aos teores de macro e micronutrientes do minitomateiro reportados por Kumar, Rouphael, Cardarelli, e Colla (2015), sendo eles: 22,4 g kg⁻¹ de N, 4,65 g kg⁻¹ de P, 32 g kg⁻¹ K, 1,29 g kg⁻¹ de Mg, 1,07 g kg⁻¹ de Ca, 4,33 mg kg⁻¹ de Cu, 30,1 mg kg⁻¹ de Fe, 11,7 mg kg⁻¹ de Mn, 17,8 27,71 mg kg⁻¹ de Zn.

Todos os teores dos nutrientes do fruto do minitomateiro, com exceção do Ca, apresentaram diferenças entre os anos de cultivo ($p < 0,10$) (Tabelas 5, 6, 7, 8). O teor de P, K, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn do fruto no ano 2 foi 34%, 13%, 8%, 13%, 20%, 8%, 26% superior ao ano 1, nessa ordem. No ano 2, obtiveram menor produtividade e MMFC, entretanto os teores de macro e micronutrientes do fruto foram maiores. Isso possivelmente ocorreu porque o MMFC foi menor no segundo ano resultando em maior concentração dos nutrientes no fruto.

Tabela 5. Teor de Fósforo (P) e potássio (K) nos frutos do minitomateiro.

Tratamentos	P			K		
	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média
	----- g kg ⁻¹ -----					
TSP	2,56	3,94	3,25 A	30,26	34,92	32,59 A
TCP	2,65	4,16	3,41 A	31,60	35,74	33,67 A
Feijão-de-porco	2,65	4,13	3,39 A	30,37	35,43	32,90 A
Crotalaria-juncea	2,79	3,71	3,25 A	31,50	34,81	33,16 A
Mucuna-anã	2,67	4,06	3,36 A	29,54	34,70	32,17 A
Feijão-mungo	2,63	4,21	3,42 A	29,54	35,85	32,69 A
Tremoço-branco	2,91	4,27	3,59 A	34,40	35,64	35,02 A
Feijão-caupi	2,76	4,11	3,44 A	30,98	36,97	33,98 A
Média	2,70 a	4,07 b		31,04 b	35,51 a	
CV (%)	13,72			9,08		

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes nas linhas diferem ($p < 0,1$) entre si pelo teste F e médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem ($p < 0,1$) entre si pelo teste de Tukey-Kramer.

Tabela 6. Teor de magnésio (Mg) e cálcio (Ca) nos frutos do minitomateiro.

Tratamentos	Mg			Ca ⁽¹⁾		
	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média
	----- g kg ⁻¹ -----					
TSP	1,80	2,13	1,96 A	1,56	1,66	1,61 A
TCP	1,84	2,02	1,93 A	1,69	1,71	1,70 A
Feijão-de-porco	1,86	2,08	1,97 A	1,53	1,71	1,62 A
Crotalaria-juncea	1,92	1,90	1,91 A	1,65	1,89	1,77 A
Mucuna-anã	1,83	2,05	1,94 A	1,68	1,63	1,66 A
Feijão-mungo	1,75	2,06	1,90 A	1,54	1,67	1,60 A
Tremoço-branco	2,05	2,03	2,04 A	1,72	1,73	1,73 A
Feijão-caupi	1,91	2,01	1,96 A	1,66	1,75	1,70 A
Média	1,87 b	2,03 a		1,63 a	1,72 a	
CV (%)	13,36			7,55*		

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem ($p > 0,1$) entre si pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem ($p > 0,1$) entre si pelo teste de Tukey-Kramer.

⁽¹⁾ estatísticas referentes a dados transformados para Raiz (X).

* Coeficiente de Variação (CV) referente a dados transformados.

Tabela 7. Teor de cobre (Cu) e ferro (Fe) nos frutos do minitomateiro.

Tratamentos	Cu ⁽¹⁾			Fe ⁽¹⁾		
	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média
	----- mg kg ⁻¹ -----					
TSP	7,44	7,23	7,33 A	52,37	56,28	54,33 A
TCP	5,99	7,54	6,76 A	50,18	55,72	52,95 A
Feijão-de-porco	5,73	8,22	6,98 A	42,37	60,04	51,21 A
Crotalaria-juncea	7,45	6,94	7,19 A	52,68	68,98	60,83 A
Mucuna-anã	5,69	6,71	6,20 A	50,60	59,94	55,27 A
Feijão-mungo	6,19	7,99	7,09 A	39,59	65,44	52,51 A
Tremoço-branco	6,67	7,96	7,31 A	48,90	60,20	54,55 A
Feijão-caupi	6,98	7,23	7,10 A	50,36	56,13	53,24 A
Média	6,52 b	7,48 a		48,38 b	60,34 a	
CV (%)	13,04*			6,06*		

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si (Teste F, $p > 0,1$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si. (Tukey-Kramer, $p > 0,1$).

⁽¹⁾ estatísticas referentes a dados transformados para Log(X).

* Coeficiente de Variação referente a dados transformados.

Tabela 8. - Teor de manganês (Mn) e zinco (Zn) nos frutos do minitomateiro

Tratamentos	Mn			Zn		
	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média
	----- mg kg ⁻¹ -----					
TSP	8,46	9,26	8,86 A	21,87	25,96	23,92 A
TCP	8,28	8,66	8,47 A	18,70	25,97	22,33 A
Feijão-de-porco	8,52	10,11	9,31 A	18,18	26,61	22,40 A
Crotalaria-juncea	8,71	9,21	8,96 A	19,17	25,95	22,56 A
Mucuna-anã	8,40	9,26	8,83 A	19,08	25,54	22,31 A
Feijão-mungo	7,51	9,27	8,39 A	17,23	26,25	21,74 A
Tremoço-branco	9,31	9,35	9,33 A	20,84	26,25	23,55 A
Feijão-caupi	9,00	9,09	9,04 A	19,55	26,16	22,85 A
Média	8,52 b	9,27 a		19,33 b	26,09 a	
CV (%)	13,91			16,96		

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si (Teste F, $p > 0,1$). Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si. (Tukey-Kramer, $p > 0,1$).

Dentre os parâmetros de qualidade do fruto estudados, pH, SST, ATT, relação SST/ATT, açúcar total (AT) e açúcar redutor (AR), o minitomateiro não apresentou diferença ($p > 0,10$) entre os tratamentos. No entanto, houve diferença ($p < 0,10$) entre os anos de cultivo para todas as variáveis exceto para o teor de sólidos solúveis (SST) (Figura 2).

Carvalho, Filho, Melo, e Morgano (2002), e Rossi et al. (2013), encontraram os seguintes parâmetros de qualidade para o Acesso 21: pH de 4,5 e 4,5, ATT de 0,39 e 0,37%, SST de 5,8 e 4,6 °Brix, e relação SST/ATT de 14,7 e 12,8, respectivamente. Estes valores de pH e ATT são similares ao encontrados no presente trabalho (pH de 4,35 e ATT de 0,38%). No entanto, a SST (6,5 °Brix) e relação SST/ATT (17,8), em média, estão acima dos valores encontrados por Carvalho et al. (2002) (Figura 2).

A relação SST/ATT encontrada nos frutos no ano 2 (19,5) foi maior quando comparado ao ano 1. (Figura 2C). Esse aumento da relação SST/ATT se deve pela diminuição da ATT em 17% no ano 2 em comparação ao ano 1 (Figura 2D). Portanto, os frutos encontravam-se no ano 2 menos ácidos e, conseqüentemente mais agradável ao paladar. Apesar da diminuição da ATT no ano 2 o pH apresentou-se apenas 1% superior no ano 1 comparado ao ano 2, em média (Figura 2A).

O acesso 21 utilizado nesse trabalho teve a relação SST/ATT (17,8) menor que alguns cultivares comerciais de minitomateiro que obtiveram, em média, a relação SST/ATT de 28,7 (Bhandari, Chae, & Lee, 2016). A relação SST/ATT destas cultivares comerciais são mais altas devido a menor ATT (0,23%) do fruto em comparação com o fruto do minitomateiro acesso 21 (IAC) (0,38%). Deve ser ressaltado, que o Acesso 21(IAC) não é uma cultivar comercial. Contudo, este minitomateiro é rústico, tolerante as principais praga e doenças de tomateiro e com uma produtividade (23,1 t ha⁻¹) superior à cultivares de minitomateiros comerciais sob cultivo orgânico (15,4 t ha⁻¹) (Filho & Melo, 2001, Toledo, Costa, Bacci, Fernandes & Souza, 2011).

Figura 2. Parâmetros químicos do fruto do minitomateiro: pH (A), SST - Teor de sólidos solúveis (B), SST/ATT - relação do teor de sólidos solúveis e acidez titulável (C), ATT - acidez titulável (D), AT - açúcares totais (E), AR - açúcares redutores (D). Médias seguidas de mesma letra minúscula entre si não diferem entre si (Teste F, $p < 0,1$).

No ano 2, os açúcares totais (AT) apresentaram-se 24% inferiores quando comparados ao ano 1, e os açúcares redutores (AR) encontrava-se 25% superior ao ano 1 (Figura 2E, F). Tal redução de AT no segundo ano pode estar relacionado ao sistema de defesa da planta contra a requeima. Estresses biótico ou abiótico podem causar alteração na composição do açúcar na seiva do floema (Gil, Ben-ari, Turgeon, & Wolf, 2012). Além disso, alguns patógenos podem alterar a fisiologia da planta hospedeira, pois adquirem açúcar da mesma para sua nutrição (Chen et al., 2010).

Os adubos verdes não inferiram negativamente na produtividade e qualidade do minitomateiro orgânico sob cultivo protegido. Contudo, os adubos verdes consorciados com

outras culturas podem trazer vantagens no seu uso como o controle de pragas e doenças, melhoria da qualidade física, química e biológica do solo, fornece N para cultura principal (no caso das leguminosas), ciclagem de nutrientes (Ambrosano et al., 2011; Li et al. 2017; Silva et al., 2014; Deberdt et al., 2015). Além disso, os grãos de alguns adubos verdes como feijão-caupi, tremoço-branco, feijão-mungo possuem valor comercial e pode ser uma fonte de renda extra ao agricultor (Wutke, Calgari & Wildner, 2014).

2.4. Conclusão

O minitomateiro acesso 21 (IAC) consorciado com diferentes adubos verdes não mostrou redução para NFC, MFC e MMFC e nem aumento de NFD, MFD e MMFD em comparação as testemunhas.

Os diferentes adubos verdes em consórcio com minitomateiro não interferiram na qualidade dos frutos.

Referências

- Aguiar, A. T. E., Golçalves, C., Paterniani, M. E. A. G. Z., Tucci, M. L. S. & Castro, C. E. F. (2014). Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. Campinas: Instituto Agrônômico, 242 p. (Boletim IAC nº 200).
- Ambrosano, E. J., Cantarella, H., Ambrosano, G. M. B., Schammas, E. A., Dias, F. L. F., Rossi, F., ... Azcón, R. (2011). Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas. *Bragantia*, 70(4), 810–818.
- Ambrosano, E. J., Rossi, F., Dias, F. L. F., Tavares, S., & Ambrosano, G. M. B. (2014). Desempenho do Tomate-Cereja e Milho-Verde Após Cultivo de Fabaceas e Seu Efeito no Solo. *Cadernos de Agroecologia*, 9(4), 1–12.
- Association of Official Analytical Chemists - International [AOAC]. 1997. Official Methods of Analysis. 16ed. AOAC, Washington D.C., USA.
- Bhandari, S. R., Chae, Y., & Lee, J. G. (2016). Assessment of Phytochemicals, Quality Attributes, and Antioxidant Activities in Commercial Tomato Cultivars. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 34(5), 677–691.

- Bruggen, A. H. C. Van, & Finckh, M. R. (2016). Plant Diseases and Management Approaches in Organic Farming Systems. *Annual Review of Phytopathology*, 54, 25–54.
- Carvalho, C. R. L., Filho, J. A. A., Melo, A. M. T., & Morgano, M. A. (2002). Avaliação de atributos de qualidade de tomates silvestres do tipo cereja pela técnica de PCA . *Horticultura Brasileira*, 20, 1–5.
- Carvalho, C.R.L.; Mantovani, D.M.B.; Carvalho, P.R.N.; Moraes, R.M. (1990). *Análises químicas dos alimentos*. Campinas: ITAL.
- Chen, L., Hou, B., Lalonde, S., Takanaga, H., Hartung, M. L., Qu, X., ... Frommer, W. B. (2010). Sugar transporters for intercellular exchange and nutrition of pathogens. *Nature*, 468(7323), 527–532.
- Danies, G., Small, I. M., Myers, K., Childers, R., Fry, W. E., & Pathology, P. (2013). Phenotypic Characterization of Recent Clonal Lineages of *Phytophthora infestans* in the United States. *Plant Disease*, 97, 873–881.
- Dantas, R. de A., Carmona, R., Carvalho, A. M. de, Rein, T. A., Malaquias, J. V., Santos Júnior, J. de D. G. dos, ... Santos Júnior, J. de D. G. dos. (2015). Produção de matéria seca e controle de plantas daninhas por leguminosas consorciadas com cana-de-açúcar em cultivo orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50(8), 681–689.
- Deberdt, P., Gozé, E., Beaudu, R. C., Perrin, B., Fernandes, P., Lucas, P., & Ratnadass, A. (2015). *Crotalaria spectabilis* and *raphanus sativus* as previous crops show promise for the control of bacterial wilt of tomato without reducing bacterial populations. *Journal of Phytopathology*, 163(5), 377–385.
- Filho, J. A. A., & Melo, A. M. T. (2001). Avaliação de tomate silvestre do tipo cereja. *Horticultura Brasileira*, 19, 1–5.
- Gil, L., Ben-ari, J., Turgeon, R., & Wolf, S. (2012). Effect of CMV infection and high temperatures on the enzymes involved in raffinose family oligosaccharide biosynthesis in melon plants. *Journal of Plant Physiology*, 169(10), 965–970.
- Hidalgo-Baz, M., Martos-Partal, M., & González-Benito, Ó. (2017). Attitudes vs. Purchase Behaviors as Experienced Dissonance: The Roles of Knowledge and Consumer Orientations in Organic Market. *Frontiers in Psychology*, 8, 248.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017) Levantamento sistemático da produção agrícola. IBGE, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. v.29.

- Kumar, P., Rouphael, Y., Cardarelli, M., & Colla, G. (2015). Effect of nickel and grafting combination on yield , fruit quality , antioxidative enzyme activities , lipid peroxidation , and mineral composition of tomato. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 178, 848–860.
- Li, Y., Ran, W., Zhang, R., Sun, S., & Xu, G. (2009). Facilitated legume nodulation, phosphate uptake and nitrogen transfer by arbuscular inoculation in an upland rice and mung bean intercropping system. *Plant Soil*, 315, 285–296.
- Lima, M. A., Maffia, L. A., Barreto, R. W., & Mizubuti, E. S. G. (2009). *Phytophthora infestans* in a subtropical region : survival on tomato debris , temporal dynamics of airborne sporangia and. *Plant Pathology*, 58, 87–99.
- Liu, T., Cheng, Z., Meng, H., Ahmad, I., & Zhao, H. (2014). *Scientia Horticulturae* Growth , yield and quality of spring tomato and physicochemical properties of medium in a tomato / garlic intercropping system under plastic tunnel organic medium cultivation. *Scientia Horticulturae*, 170, 159–168.
- Lenoud, J.; Willer, H. Statistics on selected crop: vegetables. (2016). In: Willer, H.; Lenoud, J., (Ed.), *The world of organic agriculture. Statistics and Emerging Trends 2016* (p.114-116). Switzerland and Germany: Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) and IFOAM- Organics Internationala.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. (1997). *Evaluation of the nutritional status of plants: principles and applications*. Piracicaba: POTAFOS.
- Mditshwa, A., Magwaza, L. S., Tesfay, S. Z., & Mbili, N. (2017). Postharvest quality and composition of organically and conventionally produced fruits: A review. *Scientia Horticulturae*, 216, 148–159.
- Maziero, J. M. N., Maffia, L. A., Mizubuti, E. S. G., Univer-, D. D. F., & Viçosa, F. De. (2009). Effects of Temperature on Events in the Infection Cycle of Two Clonal Lineages of *Phytophthora infestans* Causing Late Blight on Tomato and Potato in Brazil. *Plant Disease*, 93, 459–466.
- Rembialkowska, E. (2007). Quality of plant products from organic. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2762, 2757–2762.
- Rossi, F., Ambrosano, E. J., Schammas, E. A., María, G., Ivani, E., & Ex, B. (2013). Intercropping influence on the quality of fruit. *ESPAMCIENCIA*, 4(2), 77–82.

- Sakai, R. H., Ambrosano, E. J., Clarissa, A., Negrini, A., Trivelin, P.C.O., Schammass, E.A. & Melo, P.C.T (2011). N transfer from green manures to lettuce in an intercropping cultivation system. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 33(4), 679–686.
- Seufert, V., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485(7397), 229–232. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1038/nature11069>.
- Schmautz, Z., Loeu, F., Liebisch, F., Graber, A., Mathis, A., Griessler Bulc, T., & Junge, R. (2016). Tomato Productivity and Quality in Aquaponics: Comparison of Three Hydroponic Methods. *Water*, 8(11), 1-21.
- Tao, J., Liu, X., Liang, Y., Niu, J., Xiao, Y., Gu, Y., ... Yin, H. (2017). Maize growth responses to soil microbes and soil properties after fertilization with different green manures. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101(3), 1289–1299.
- Toledo, D. S., Costa, C. A., Bacci, L., Fernandes, L. A. & Souza, M. F. (2011) Production and quality of tomato fruits under organic management. *Horticultura Brasileira*, 29, 253-257.
- Wutke, E. A.; Calegari, A.; Wildner, L. P. (2014). Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendação para seu uso. In: Filho, O. F L. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília: Embrapa, v.2, 478p.

3. TRANSFERÊNCIA DE N EM CULTIVO COM ADUBOS VERDES INTERCALAR A MINITOMATEIRO UTILIZANDO O MÉTODO DE ABUNDÂNCIA NATURAL DE ^{15}N

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a transferência de N em sistema de cultivo intercalar com adubos verdes e minitomateiro Acesso 21 utilizando o método de abundância natural de ^{15}N , e avaliar produtividade e teores de nutrientes do minitomateiro em consórcio. Os tratamentos foram: testemunha com palhada de milho, testemunha sem palhada de milho, consórcio das seguintes espécies com o minitomateiro: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC), crotalaria-júncea (*Crotalaria juncea* L.), mucuna-anã [(*Mucuna deeringiana* (Bort) Merrill)], feijão-mungo (*Vigna radiata* (L.) Wilczek), tremoço-branco (*Lupinus albus* L.), feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). O tratamento com feijão-de-porco apresentou a massa dos frutos totais (MFT) e massa média de fruto (MMFT) aproximadamente, 25% e 8% maior do que os tratamentos com feijão caupi, respectivamente. Para o número de frutos totais (NFT), (MFT) e (MMFT), o ano 1 foi superior em 25%, 33% e 13% comparado ao ano 2, nesta ordem. Não houve interferência dos adubos verde na produtividade das plantas de minitomate. O tratamento com feijão-caupi teve maior porcentagem de N transferido para a folha de minitomateiro que o feijão-mungo. Entretanto, de uma forma geral os adubos verdes contribuíram por igual na transferência de N para as plantas de minitomate.

Palavras-chave: Nitrogênio; Teores de nutrientes; Leguminosa; Consórcio; *Solanum lycopersicum*

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the transfer of N in intercropping system with green manure and cherry tomato using the natural abundance method of ^{15}N , and to evaluate productivity and nutrient contents of the cherry tomato in a consortium. The treatments were: control treatment with corn straw; control treatment without corn straw; intercropping of the following species with the cherry tomato: jack bean (*Canavalia ensiformis* DC), sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.), dwarf velvet bean [(*Mucuna deeringiana* (Bort) Merrill)], mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek), white lupine (*Lupinus albus* L.), cowpea bean (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). The treatment with jack bean showed the total weight of fruits (TWF) and the total average fruit weight (TAFW) approximately, 25% and 8% higher than the treatments with cowpea bean, respectively. For the total number of fruits (TNF), TWF and TAFW in year 1 was higher in 25%, 33% and 13% compared to year 2, respectively. There wasn't interference of green manures in cherry tomato's yield. Treatment with cowpea beans had a higher % of N transfer in the leaf of cherry tomato compared to the

treatment with mung bean. However, in general, green manures used in this work contributed equally in the N transfer to the cherry tomato plants.

Keyword: Nitrogen; Nutrient contents; Legume; Consortium; *Solanum lycopersicum*

3.1. Introdução

O nitrogênio (N) é um importante nutriente para os vegetais, pois constituem os aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos entre outros constituintes da célula vegetal essenciais para seu crescimento e desenvolvimento (Kaur, Kaur, & Asthir, 2017). Para a cultura do tomateiro, o suprimento adequado de N é necessário para melhor desenvolvimento, aumento da produtividade e qualidade (Elia & Conversa, 2012; Ozores-Hampton et al., 2012).

As fontes de N utilizadas na agricultura podem ser compostagem, biofertilizantes, cama de frango, torta de mamona, leguminosas, entre outras. Entretanto pouco se sabe exatamente a quantidade de N que as culturas podem absorver provenientes desses adubos orgânicos. As leguminosas também conhecidas como adubos verdes possuem a capacidade de fixar N atmosférico através da associação simbiótica entre suas raízes e as bactérias do gênero *Rhizobium* (Olivares, Bedmar, & Sanjuán, 2013). Este N fixado pode ser transferido para culturas não leguminosas em consórcio (Ashworth et al., 2015). O sistema de consórcios entre leguminosas e não leguminosas facilitaria o aproveitamento mais eficiente do N fixado, e reduziria as perdas de N, através da transferência de N (Thilakarathna et al., 2016). Além disso, os adubos verdes trazem outros benefício como o controle de pragas e doenças, aumento da qualidade química, física e biológica no solo (Deberdt et al., 2015; Li et al., 2017).

A transferência de N entre as plantas leguminosas e não leguminosas pode ocorrer pela rizodeposição (exsudados radiculares) das raízes das leguminosas, por intermédio das micorrizas associadas às plantas leguminosas e não leguminosas, e liberação do gás amônia pelos adubos verdes (Hanstein, Mattsson, Jaeger, & Schjoerring, 1999; Lesuffleur, Salon, Jeudy, & Cliquet, 2013; Meng et al., 2015; Peoples, Chalk, Unkovich, & Boddey, 2015).

Dentro do contexto de consorcio é importante conhecer a capacidade das leguminosas em transferir N (Chalk & Smith, 2017). Ademais, em um sistema de consórcio deve-se levar em consideração competição interespecífica e a alelopatia que podem se estabelecer no cultivo, e por consequência reduzir a produtividade e a qualidade da cultura

econômica. Nesse sentido, os objetivos do trabalho foram avaliar: (1) a transferência de N em sistema de cultivo intercalar com adubos verdes e minitomateiro utilizando o método de abundância natural de ^{15}N ; (2) a produtividade e os teores de nutrientes do minitomateiro em consórcio.

3.2. Material e Método

O experimento foi conduzido sob cultivo protegido em uma área agroecológica durante dois anos consecutivos (2012/2013 e 2013/2014) no município de Piracicaba - SP, com altitude de 540 m, latitude de 22°43'S e longitude 47°38'W, apresentando temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C e a temperatura do mês mais frio 16,9 °C. A umidade relativa média esteve entre 84 a 90% no período que corresponde ao cultivo do minitomateiro.

O solo desta área é classificado como Nitossolo, tendo as seguintes características físicas e químicas: argila: 36%, silte: 23%, areia fina: 28%, areia grossa: 13%, pH: 5,8, MO: 20 g dm⁻³, P: 29 mg dm⁻³, K: 8,4 mmol_c dm⁻³, Ca: 35 mmol_c dm⁻³, Mg: 11 mmol_c dm⁻³, H+AL: 20 mmol_c dm⁻³, Al: 0 mmol_c dm⁻³, S: 5 mg dm⁻³, B: 0,42 mg dm⁻³, Cu: 4,5 mg dm⁻³, Fe: 51 mg dm⁻³, Mn: 45 mg dm⁻³, Zn: 3,1 mg dm⁻³, SB: 54,4 mmol_c dm⁻³, CTC: 74,4 mmol_c dm⁻³, V: 69%, m: 0%.

Foram utilizadas duas estufas conjugadas do tipo arco de estrutura metálica com cobertura de filme plástico de polietileno transparente de baixa densidade (PEBD), com espessura de 75 µm e suas laterais abertas, recobertas apenas com sombrite, com dimensões de 6,0 m x 50,0 m e pé direito de 2,5 m cada estufa, totalizando 300 m².

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições e medidas repetidas no tempo onde foram avaliados oito tratamentos: [(testemunha com palha de milho, testemunha sem palha de milho, minitomateiro intercalar com feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC), minitomateiro intercalar crotalária-júncea (*Crotalaria juncea* L.), minitomateiro intercalar mucuna-anã [(*Mucuna deeringiana* (Bort) Merrill)], minitomateiro intercalar feijão-mungo (*Vigna radiata* (L.) Wilczek), minitomateiro intercalar tremoço-branco (*Lupinus albus* L.), minitomateiro intercalar feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)], em dois anos consecutivos. Após o transplântio do tomateiro cobriu-se o solo com palha de milho (equivalente a 6 toneladas de

palha de milho por hectare) em todas as parcelas com exceção da testemunha sem palha de milho.

A semeadura do adubo verde e o transplântio das mudas do minitomateiro ocorreram simultaneamente no mês de agosto nos dois anos de cultivos. Foram semeados duas linhas de adubo verde entre o minitomateiro com espaçamento 0,30 m entre as linhas do adubo verde e do minitomateiro (Figura 3). Os adubos verdes foram semeados em diferentes densidades de acordo com a recomendação (Aguilar, Golçalves, Paterniani, Tucci, & Castro, 2014) sendo 5, 11, 5, 20, 7, 20 sementes m^{-1} para feijão-de-porco, crotalária-júncea, mucuna-anã, feijão-mungo, tremoço-branco, feijão-caupi, respectivamente.

Figura 3. Ilustração da parcela experimental do consócio dos adubos verdes com o minitomateiro, estando em destaque a área útil da parcela

As mudas de minitomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) foram produzidas em bandejas de poliestireno com 128 células e transplantados em covas (0,1x 0,1x 0,1 m) no espaçamento de 0,9 m entre linhas e 0,6 m entre plantas de minitomate. Adubou-se a cova do minitomateiro com 25 g de termofosfato o equivalente a 4,4 g de P_2O_5 , 4,5 g de Ca, 1,8 g de Mg, 0,01 de Cu, 0,03 de B, 0,08 g de Mn, 2,5 g de Si, 0,14 g de Zn; e 2,7 g de sulfato de potássio equivalente a 1,4 g de K_2O e 0,5 g de S. Não houve adubação nitrogenada na área experimental, sendo os adubos verdes e o solo as fontes de N presente. A semente do minitomateiro utilizada neste experimento foi o Acesso 21 do Instituto Agrônômico (IAC), que também são chamados de minitomateiro selvagens por terem sido encontrado crescendo espontaneamente no meio de outras culturas ou em cultivos domésticos (Filho & Melo, 2001). Dentre todos os acessos selecionados pelo IAC o acesso 21 esteve entre os acessos mais produtivos (Filho & Melo, 2001).

As plantas de minitomate foram conduzidas com duas hastes, tutoradas com fitilho e irrigadas por gotejamento segundo a sua necessidade hídrica. Os adubos verdes foram irrigados da mesma forma. Aos 120 dias após o transplântio (DAT), que corresponde ao oitavo racemo do minitomateiro, e realizou-se a poda apical. No total, foi realizado nove colheitas de minitomates no ano 1 e treze colheitas no ano 2. Os frutos colhidos em estágio maduro foram contados e pesados para determinação do número e massa dos frutos totais (NFT e MFT) e a massa média do fruto (MMFT).

O broto, a folha e o fruto do minitomateiro foram amostrados e levados ao laboratório, secos a 65 °C em estufa com circulação forçada de ar por 72 horas, e moídas em moinho tipo faca (Wiley). Parte das amostras moídas do broto e da folha foi utilizada para determinar os teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, segundo metodologia descrita em Malavolta et al. (1997). A outra parte das amostras (broto e folha) e mais as amostras do fruto foram levados ao laboratório de isótopos estáveis para determinação do Nitrogênio (N) total e da abundância natural de ^{15}N ($\delta^{15}\text{N}$ ‰) utilizando o procedimento de preparação de amostras descrito por Trivelin et al. (1973), em espectrômetro de massa de razão isotópica contendo analisador automático de N conectado com um espectrômetro de massa (IRMS) – N 20-20 ANCA GSL (Automatic Nitrogen and Carbon Analyser, Gas, Solid and Liquid – SERCON) (Barrie e Prosser, 1996).

A abundância natural de ^{15}N foi expressa pela formula padrão:

$$\delta^{15}\text{N} \text{ ‰} = ((R_{\text{amostra}}/R_{\text{padrão}}) - 1) * 10^3;$$

Sendo o R_{amostra} a relação entre $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ da amostra e o $R_{\text{padrão}}$ é a relação entre $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ do ar atmosférico.

Para o cálculo do N transferido dos adubos verdes para o minitomateiro, utilizou-se a fórmula:

$$\%N \text{ transferido} = 10^2 * \left(\frac{\delta^{15}\text{N} \text{ ‰}_{\text{minitomateiro solteiro}} - \delta^{15}\text{N} \text{ ‰}_{\text{minitomateiro+adubo verde}}}{\delta^{15}\text{N} \text{ ‰}_{\text{minitomateiro solteiro}}} \right);$$

Em que, o $\delta^{15}\text{N}$ ‰ do minitomateiro solteiro (planta referência) foi, em média, de +12,25‰ para o broto e folha e +13,54 ‰ para o fruto (Tabela 9).

O $\delta^{15}\text{N}$ ‰ de planta referência foi retirada do minitomateiro acesso 21 (IAC) solteiro cultivado em um outro experimento. Anteriormente a instalação do presente estudo, foi desenvolvido um experimento piloto com o cultivo do mesmo minitomateiro acesso 21

(IAC), no mesmo solo (área experimental), com a finalidade de coletar dados da planta referência (minitomateiro solteiro), ou seja, a planta referência e o consórcio de minitomateiro e leguminosas estão separados no tempo (Tabela 9). Deve ser ressaltado, que neste experimento piloto qualquer leguminosa presente na área estava a 25 metros de distância do minitomateiro, evitando-se assim qualquer possibilidade da planta referência (minitomateiro solteiro) ter seu $\delta^{15}\text{N}$ ‰ alterado pela leguminosa. Dessa forma é possível garantir que a planta referência não tenha seu $\delta^{15}\text{N}$ ‰ alterado pela leguminosa, além disso segue os requisitos necessário para utilização da técnica da abundância natural ^{15}N ($\delta^{15}\text{N}$ ‰). De acordo com Peoples et al. (2015), após realizar uma extensa revisão sobre a abundância natural de ^{15}N , apontaram os seguintes pré-requisitos necessários para utilização da técnica da abundância natural ^{15}N : (1) o $\delta^{15}\text{N}$ da planta referência (cultivo solteiro) utilizado no cálculo da ‰N transferido deve ser cultivada no mesmo solo que o consórcio; (2) deve-se assumir que a única fonte de variação da abundância natural ^{15}N vem do adubo verde em consórcio; (3) as partes amostradas representam a planta toda considerando que não ocorre fracionamento durante a transferência do nitrogênio da leguminosa para a não leguminosa.

Tabela 9. Abundância natural ^{15}N da folha e do fruto do minitomateiro solteiro do experimento piloto (planta referência).

	Folha	Fruto
Repetições	----- $\delta^{15}\text{N}$ ‰ (δar) -----	
1	+12,52	+13,78
2	+11,4	+12,95
3	+14,26	+15,91
4	+9,35	+9,39
5	+13,71	+15,81
Média	+12,25	+13,57

Os dados foram analisados através do procedimento MIXED, medidas repetidas no tempo, do programa SAS (Statistical Analysis System), a fim de se determinar a estrutura de matriz de variância e covariância (SAS Institute, 2001). O nível de significância adotado para a análise de variância foi de 10%. Foi utilizado o teste de Tukey-Kramer para as comparações entre médias de tratamentos, teste F para as comparações das médias de anos e o teste de Dunnett para contrastar os efeitos de cada um dos tratamentos em relação às

testemunhas e ao tratamento adicional. Esse tratamento adicional refere-se dos dados coletados no experimento piloto (planta referência) (Tabela 9).

3.3. Resultado e Discussão

Para $\delta^{15}\text{N}$, houve diferença ($p < 0,10$) entre os tratamentos e a planta referência, entretanto os tratamentos com adubos verdes e as testemunhas não diferem entre si ($p > 0,05$) (Tabela 10). Motivo este pelo qual no cálculo de %N transferido utilizou-se a planta referência como minitomateiro solteiro.

A $\delta^{15}\text{N}_{\text{‰}}$ da folha e fruto na planta referência (+12,91) foram, aproximadamente, 44% superiores que as testemunhas (+7,27‰) do presente trabalho, em média (Tabela 10). A proximidade das parcelas e a distância de 3 m das plantas de minitomate amostradas pode ter possibilitado que as plantas da testemunha tenham absorvido N dos tratamentos com adubos verdes. Hellmann, Werner, & Oldeland (2016) estudaram a influência da *Acacia longifolia* (leguminosa) sobre a *Corema album* (não leguminosa) em uma floresta nativa no mediterrâneo utilizando o método de abundância natural de ^{15}N , e mostraram que houve alterações no $\delta^{15}\text{N}$ da *C. album* que estava a 6 m de distância da *A. longifolia*. Outro estudo com transferência de N de leguminosas arbóreas para o capim Survenola, evidenciaram que o N fixado da leguminosa alterou o $\delta^{15}\text{N}$ do capim a distância de duas vezes o raio de projeção da copa da leguminosa (Dias et al., 2007).

Ao que tudo indica, esta transferência de N a longas distâncias possibilitou a contaminação do N fixado às parcelas de minitomateiro solteiro (testemunhas). Há algumas formas de transferências de N a longas distâncias que poderiam ter ocorrido neste experimento, sendo elas: liberação foliar do gás amônia (NH_3), exsudados radiculares e as micorrizas (Peoples et al., 2015).

Estudos apontam que as micorrizas são capazes de formar grandes redes de hifas que interligam plantas e transportam nutrientes a longas distâncias (Jansa, Mozafar, & Frossard, 2003; Mikkelsen, Rosendahl, & Jakobsen, 2008). Além disso, as raízes também podem ser responsáveis pela transferência de N através de exsudados radiculares a outras plantas, principalmente quando há contato entre as raízes (Lesuffleur et al., 2013; Zang et al., 2015; Thilakarathna, McElroy, Chapagain, Papadopoulos, & Raizada, 2016). Desse modo, há uma possibilidade de que das raízes dos adubos verdes, que ocupam grande volume de solo (Tardy et al., 2017), terem se conectado às plantas de minitomate que estavam ao seu redor,

inclusive as testemunhas. Somado a tudo isso, também pode ter ocorrido transferência de N fixado através da liberação de NH_3 pelas folhas das leguminosas a atmosfera, que poderia ser absorvida por plantas não leguminosas via condutância estomática, a uma distância indeterminada por se tratar de um gás. (Farquhar, Firth, Wetselaar, & Weir, 1980; Schjoerring et al., 2000; Wang, Pendas, Eriksson, & Schjoerring, 2013; Hanstein et al., 1999; Duan et al., 2012; Wu et al. 2016; Mattsson et al., 2009; Wang & Schjoerring, 2012; Schjoerring et al., 2000).

Diante dos estudos citados acima, a alta mobilidade e a possibilidade de transferência do N abaixo ou acima do solo, ao que tudo indica, permitiram a translocação do N dos adubos verdes às parcelas de testemunhas (cultivo solteiro) devido à proximidade entre elas no presente estudo. Portanto, é muito importante obter-se uma planta padrão (cultivo solteiro) com uma assinatura isotópica confiável, ou seja, sem influência de quaisquer adubos nitrogenados, para o cálculo de N transferido, segundo preceitos do People et al. (2015).

Tabela 10. Abundância natural de ^{15}N do Broto, Folha e Fruto do minitomateiro.

Tratamentos	Broto			Folha ⁽¹⁾			Fruto		
	$\delta^{15}\text{N}\text{‰}$ (δar)								
	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média
Testemunha sem palha	+7,71	+7,54	+7,63 A	+4,89	+7,89	+6,39 A	+7,43	+7,28	+7,35 A
Testemunha com palha	+8,04	+8,22	+8,13 A	+5,01	+8,08	+6,54 A	+7,46	+7,31	+7,39 A
Feijão-de-porco	+8,19	+7,66	+7,93 A	+5,20	+7,86	+6,53 A	+7,53	+7,12	+7,32 A
Crotalária-juncea	+7,77	+8,03	+7,90 A	+4,29	+7,79	+6,04 A	+6,82	+7,08	+6,95 A
Mucuna-anã	+7,65	+8,17	+7,91 A	+4,47	+8,64	+6,56 A	+7,17	+7,45	+7,31 A
Feijão-mungo	+8,56	+8,02	+8,29 A	+6,16	+8,10	+7,13 A	+7,37	+6,98	+7,17 A
Tremoço-branco	+7,71	+7,37	+7,54 A	+4,25	+7,79	+6,02 A	+6,80	+7,22	+7,01 A
Feijão-caupi	+7,43	+7,36	+7,39 A	+4,14	+6,81	+6,48 A	+6,89	+6,53	+6,71 A
Planta referência	+12,25	+12,25		+12,25	+12,25		+13,57	+13,57	
Média ⁽²⁾	+7,88 a	+7,79 a		+4,80 b	+7,87 a		+7,18 a	+7,12 a	
Significância (p < 0,05)	*	*		*	*		*	*	
CV (%)	8,51			21,49 [#]			11,85		

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste F $p > 0,10$ e médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer $p > 0,10$.

⁽¹⁾ Estatísticas referentes a dados transformados para $\log(X)$.

⁽²⁾ Não inclui a planta referência.

[#] Coeficiente de Variação referente a dados transformados.

*Diferem da planta referência pelo teste de Dunnett $p < 0,05$.

Para o broto, folha e fruto não houve diferença ($p > 0,10$) do $\delta^{15}\text{N}$ entre os tratamentos (Tabela 10). Entretanto, somente para a folha houve diferença ($p < 0,10$) do $\delta^{15}\text{N}$ entre os anos de cultivo (Tabela 10). O ano 1 apresentou $\delta^{15}\text{N}$ da folha 38% inferior comparado ao ano 2 (Tabela 10). Consequentemente, %N transferido foi 42% maior no ano 1 do que no ano 2 (Tabela 11).

Apesar de o segundo ano absorver menor %N transferido, no sistema orgânico de produção parte do N da adubação verde (leguminosas) fica retido no solo na forma de N orgânico que poderá ser utilizado pelos cultivos subsequentes (Ambrosano et al., 2011; Garcia-Pausas, Rabissi, Rovira, & Romany, 2016; Inácio, Urquiaga, Chalk, Mata, & Souza, 2015). Tal fato configura uma vantagem frente aos sistemas convencionais, onde há grandes perdas de N provenientes de adubos químicos nitrogenados. Um sistema adubado com ureia pode perder até 50% N da ureia aplicada por volatilização de amônia e apenas uma pequena parte (4 a 10%) permanece no solo (Morais, Boddey, Urquiaga, Jantalia, & Alves, 2013; Li, Huang, Zhang, Wang, & Liang, 2017). Além disso, os adubos orgânicos aumentam a qualidade química e biológica do solo, promovendo uma maior abundância de bactérias antagonistas a patógenos de solo, e ainda podem ser utilizados no controle de doenças como a murcha bacteriana no tomateiro (Li et al. 2017; Silva et al., 2014).

Os brotos e o fruto não apresentaram diferenças ($p > 0,10$) na %N transferido entre os tratamentos e os anos de cultivo (Tabela 11). Em relação à folha, o tratamento com feijão-caupi teve maior %N transferido que o tratamento com feijão-mungo, ou seja, o feijão-caupi foi mais eficiente em transferir N para o minitomateiro quando comparado com feijão-mungo (Tabela 11).

Segundo Ashworth et al. (2015), que estudaram o cultivo de gramínea intercalar aos adubos verdes (partridge pea, crotalária e trevo vermelho), verificaram que a transferência de N dos adubos verde para a grama foi, em média 44%. Outro trabalho como o de Sakai et al., (2011), que estudaram o consórcio dos adubos verdes intercalar a alface, relataram que a transferência de N dos adubos verdes tremoço-branco, feijão-caupi, e aveia-preta para a alface foi de 18, 17, e 7%, respectivamente. Sendo assim, a %N transferido, ao que parece, pode variar de acordo com a espécie do adubo verde e da planta companheira. No entanto, no presente trabalho os adubos verdes de uma forma geral contribuíram por igual na transferência de N ao minitomateiro.

Esta ausência na diferença da %N transferido entre os tratamentos com adubos verdes pode ser explicado pelo fato de que o N fixado da parcela com uma determinada

espécie de adubo verde, por exemplo crotalária, pode ter contaminado outra parcela com outra espécie de adubo verde, como a do feijão caupi, devido a próxima das parcelas dentro do delineamento utilizado. Isso dificulta a escolha do melhor adubo verde como fonte de nitrogênio para o minitomateiro, além de mascarar o verdadeiro potencial de cada espécie de adubo verde em transferir N. Estudos mais detalhado na transferência de N dos adubos verdes em cultivos intercalares são necessários para desenvolver metodologias de pesquisa que impeça a transferência de N entre os tratamentos.

Na média, o tratamento com mucuna-anã e feijão-mungo obtiveram menor teor de N total na folha comparado ao feijão-caupi (Tabela 12). Para o fruto, o tratamento feijão-mungo obteve o N total inferior ao tratamento feijão-caupi (Tabela 12). Tal diferença entre o feijão-mungo e o feijão-caupi também ocorreu na variável da %N transferido (Tabela 11). Sendo assim, o menor teor de N total do tratamento com feijão-mungo pode ser reflexo da menor %N transferido comparado ao tratamento feijão-caupi.

Tabela 11. N transferido (%) dos adubos verdes para o broto, folha e fruto de minitomateiro.

Tratamentos	Broto ⁽¹⁾			Folha ⁽¹⁾			Fruto ⁽¹⁾		
	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média
	----- % -----								
Testemunha sem palha	37,04	38,41	37,72 A	60,11	35,58	47,84 AB	45,27	46,33	45,80 A
Testemunha com palha	34,32	32,90	33,61 A	59,10	34,03	46,56 AB	44,99	46,09	45,54 A
Feijão-de-porco	33,13	37,43	35,28 A	57,57	35,82	46,69 AB	44,52	47,54	46,03 A
Crotalária-juncea	36,55	34,40	35,47 A	64,97	36,41	50,69 AB	49,71	47,78	48,75 A
Mucuna-anã	37,56	33,31	35,43 A	63,49	29,42	46,46 AB	47,12	45,42	46,27 A
Feijão-mungo	30,12	34,53	32,32 A	52,81	33,88	43,35 B	45,68	48,56	47,12 A
Tremoço-branco	37,02	39,81	38,41 A	65,32	36,40	50,86 AB	49,91	46,78	48,35 A
Feijão-caupi	39,35	39,92	39,64 A	66,17	44,37	55,27 A	49,25	51,82	50,53 A
Média	35,64 a	36,34 a		61,19 a	35,74 b		47,06 a	47,54 a	
CV (%)	15,13			26,49			13,24		

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste F ($p > 0,10$) e médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer ($p > 0,10$).

⁽¹⁾ No cálculo da % N transferido foi utilizado o $\delta^{15}\text{N}$ da folha e do fruto da planta referência.

Tabela 12. Teor de N total no Broto, na folha e no fruto do minitomateiro.

Tratamentos	Broto			Folha			Fruto		
	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média
	----- g kg ⁻¹ -----								
Testemunha sem palha	39,0	34,8	36,9 A	46,2	22,4	34,3 AB	21,5	20,6	21,0 AB
Testemunha com palha	40,5	31,4	36,0 A	46,4	23,1	34,7 AB	20,5	20,4	20,4 AB
Feijão-de-porco	42,4	34,2	38,3 A	45,2	22,8	34,0 AB	23,3	21,9	22,6 AB
Crotalaria-juncea	41,2	33,4	37,3 A	47,4	23,1	35,3 AB	22,5	24,2	23,3 AB
Mucuna-anã	43,4	30,7	37,0 A	45,0	20,8	32,9 B	21,6	21,3	21,4 AB
Feijão-mungo	39,6	30,9	35,3 A	41,8	20,8	31,3 B	19,7	20,6	20,2 B
Tremoço-branco	44,1	35,8	39,9 A	45,8	22,0	33,9 AB	24,2	22,5	23,3 AB
Feijão-caupi	41,3	33,7	37,5 A	48,3	27,9	38,1 A	25,8	23,9	24,9 A
Média	41,4 a	33,1 b		45,8 a	22,8 b		22,4 a	21,9 a	
CV (%)	9,29			1,57			16,64		

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste F ($p > 0,10$) e médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer ($p > 0,10$).

Em relação a variável N total também houve diferença ($p < 0,10$) entre os anos de cultivo para o broto e a folha do minitomateiro. No ano 2 obteve o N total no broto e na folha 20% e 50%, respectivamente, inferiores ao ano 1 (Tabela 12). Essa redução nos teores de N no broto e na folha de minitomateiro no segundo ano de cultivo pode estar relacionada com a palha de milho. A utilização de palhada de milho, que possui alta relação C:N (69/1), pode promover altas taxas de imobilização de N no solo, consequentemente, menor disponibilidade de N para a planta cultivada sob a palhada (Silva, Muraoka, Buzetti, Sinencio, Espinal & Trivelin, 2008; Filho, Cunha, Mingotte, Amaral, Lemos & Filho, 2014).

Não houve diferença ($p > 0,10$) entre os tratamentos para os teores P, K, Mg, Ca, Cu, Mn, Fe, Zn na folha e no broto (Figura 4 e 5). No entanto, houve diferença ($p < 0,10$) entre os anos para todos os nutrientes avaliados nos brotos (Figura 4). Na folha houve diferença ($p < 0,10$) entre os anos apenas para o Mg, Ca, Cu, Fe, Mn, Zn (Figura 5).

No broto, os teores dos nutrientes P, Cu aumentaram no ano 2 em relação ao ano 1, e os demais nutrientes Mg, Ca, Cu, Fe, Mn, Zn, P, Cu tiveram seus teores reduzidos no ano 2 comparado ao ano 1 (Figura 4). Entretanto, para a folha, os teores de Mg, Ca, Cu, Fe, Mn, Zn tiveram um aumento no ano 2 comparado ao ano 1 (Figura 5). Em médias, os teores de macro e micronutrientes estão próximos aos encontrados por Kumar et al. (2015); Márquez-Quiroz, Sánchez-Chávez, de la Cruz-Lázaro, Osorio-Osorio, & López-Espinosa (2015); Pérez-Labrada, Mendoza, Valdez-Aguilar, & Robledo-Torres (2016).

No ano 1 o Ca, Mn e Zn obtiveram seus teores abaixo do teor mínimo estipulado por Trani, et al. (2016) que é de 14 g kg^{-1} , 50 mg kg^{-1} e 35 mg kg^{-1} , respectivamente. No ano 2 os teores de Cu e Fe na folha estavam acima e o teor de N estava abaixo da faixa de teor adequado para o tomateiro, que são $8-15 \text{ mg kg}^{-1}$ para o Cu, $100-300 \text{ mg kg}^{-1}$ para o Fe e $40-60 \text{ g kg}^{-1}$ para o N, de acordo com mesmo autor. Os demais nutrientes não citados no ano 1 e 2 tinha seus teores na folha adequados para o tomateiro (Trani et al., 2016). Apesar dos teores de alguns nutrientes citados acima não estarem dentro da faixa de teores considerado adequados para a cultura do tomateiro, não foi diagnosticado nenhum sintoma de deficiência nutricional ou de toxicidade na folha ou no fruto de minitomateiro nos dois anos de cultivo.

Figura 4. Teores de nutrientes no broto de minitomateiro nos dois anos de cultivo. P- Fósforo (A), K- Potássio (B), Mg- Magnésio (C), Ca- Cálcio (D), Cu- Cobre (E), Fe- Ferro (F), Mn- Manganês (g), Zn- Zinco (H). Médias seguidas de mesma letra minúscula entre si não diferem entre si (Teste F, $p > 0,10$).

Figura 5. Teores de nutrientes na folha de minitomateiro nos dois anos de cultivo. P- Fósforo (A), K- Potássio (B), Mg- Magnésio (C), Ca- Cálcio (D), Cu- Cobre (E), Fe- Ferro (F), Mn- Manganês (g), Zn- Zinco (H). Médias seguidas de mesma letra minúscula entre si não diferem entre si (Teste F, $p > 0,10$).

Para a produtividade total do minitomateiro, houve diferença ($p < 0,10$) entre o tratamento com feijão-de-porco e o feijão-caupi para as variáveis massa do fruto total (MFT) e o massa média do fruto (MMFT) (Tabela 13). O feijão-de-porco apresentou aproximadamente 25% e 8% maior MFT e MMFT comparado ao feijão-caupi (Tabela 13). Pode ser um indicativo de que o feijão-caupi tenha competido por água, luz, nutrientes com o minitomateiro reduzindo assim a produtividade (Liu et al., 2014; Vrignon-Brenas, Celette, Piquet-Pissaloux, & David, 2016; Yu, Stomph, Makowski, Zhang, & van der Werf, 2016).

Para as variáveis NFT, MFT e MMFT, os resultados do ano 1 foram superiores em 25%, 33% e 13% ao ano 2, respectivamente (Tabela 13). A baixa produtividade no ano 2 pode estar relacionada com menor teor de N, a infecção da requeima no cultivo, e a repetição do sistema de consórcio. A requeima (*P. infestans*) afeta principalmente as folhas reduzindo sua área foliar, e consequentemente afetando a sua capacidade fotossintética (Cárdenas, Ph, Danies, & Sc, 2012; Draffehn et al., 2013). Tal fato pode também ter interferido na absorção de N do minitomateiro pela folha e broto no segundo ano.

A MFT (1866,95 e 1246,64 g planta⁻¹) do Acesso 21 nos dois anos de cultivo no presente trabalho foi similar às introduções IAC1621, IAC424, IAC421 do banco de germoplasma da Universidade Nacional de Colômbia, que foram selecionados pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) (Aguirre & Cabrera, 2012). A produtividade das introduções IAC1621, IAC424, IAC421 foram de 1642,0; 1421,0; 1348,7 g planta⁻¹ do minitomateiro, respectivamente.

Tabela 13. Número de frutos total (NFT), massa de frutos total (MFT), massa média de frutos total (MMFT) do minitomateiro.

Tratamentos	Número de frutos total (NFT)			Massa de frutos total (MFT)			Massa média de frutos total (MMFT)		
	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média
	----- frutos planta ⁻¹ -----			----- g planta ⁻¹ -----			----- g fruto ⁻¹ -----		
Testemunha sem palha	159,72	148,33	154,03A	1718,88	1526,33	1622,61 AB	10,64	10,04	10,34 AB
Testemunha com palha	188,02	121,82	154,92A	2043,42	1150,50	1596,96 AB	10,88	9,23	10,05 AB
Feijão-de-porco	190,78	137,92	164,35A	2166,59	1364,34	1765,46 A	11,33	9,82	10,57 A
Crotalária-juncea	179,43	116,07	147,75A	1913,88	1120,94	1517,41 AB	10,66	9,36	10,01 AB
Mucuna-anã	173,88	152,83	149,83A	1874,17	1365,22	1614,69 AB	10,82	8,90	9,86 AB
Feijão-mungo	167,53	121,13	144,33A	1841,59	1175,54	1508,41 AB	11,03	9,46	10,24 AB
Tremoço-branco	166,55	134,68	150,61A	1763,93	1244,08	1504,00 AB	10,58	9,03	9,80 AB
Feijão-caupi	154,92	110,33	132,62A	1613,15	1036,52	1324,84 B	10,40	9,13	9,76 B
Média	172,60 a	130,01 b		1866,95 a	1246,64 b		10,79 a	9,37 b	
CV (%)	26,38			28,54			7,79		

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste F ($p > 0,10$) e médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey-Kramer ($p > 0,10$).

3.4. Conclusão

Não houve redução do NFT, MFT, e MMFT do minitomateiro Acesso 21 em consórcio com diferentes adubos verdes em comparação a testemunha.

Os adubos verdes contribuíram por igual na transferência de N para as plantas de minitomateiro Acesso 21.

Referências

- Aguiar, A. T. E., Golçalves, C., Paterniani, M. E. A. G. Z., Tucci, M. L. S. & Castro, C. E. F. (2014). Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. Campinas: Instituto Agronômico, 242 p. (Boletim IAC n° 200).
- Aguirre, N. C. & Cabrera, F. A. V. (2012). Evaluating the fruit production and quality of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme). *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 65(2), 6593-6604.
- Ambrosano, E. J., Cantarella, H., Ambrosano, G. M. B., Schammas, E. A., Dias, F. L. F., Rossi, F., ... Azcón, R. (2011). Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosas. *Bragantia*, 70(4), 810–818.
- Ambrosano, E. J., Trivelin, P. C. O., Cantarella, H., Ambrosano, G. M. B., Schammas, E. A., Muraoka, T., & Rossi, F. (2011). Labeled nitrogen utilization by the sugarcane ratoon N-labeled nitrogen from green manure and ammonium sulfate utilization by the sugarcane ratoon. *Scientia Agricola*, 68(3), 361–368.
- Ashworth, A. J., Taylor, A., Beamer, K., Ashworth, A. J., West, C. P., Allen, F. L., ... Beamer, K. P. (2015). Biologically Fixed Nitrogen in Legume Intercropped Systems: Comparison of Nitrogen-Difference and Nitrogen-15 Enrichment. *Agronomy Journal*, 107(6), 2419–2430.
- Barrie, A.; Prosser, S.J. 1996. Automated analysis of light-element stable isotopes by isotope ratio mass spectrometry. In: Boutton, T.W. Yamasaki, S. (Eds.), *Mass spectrometry of soils*. New York: Marcel Dekker, pp. 1-46.
- Bruggen, A. H. C. Van, & Finckh, M. R. (2016). Plant Diseases and Management Approaches in Organic Farming Systems. *Annual Review of Phytopathology*, 54, 25–54.
- Cárdenas, M., Danies, G., Tabima, J., Bernal, A., & Restrepo, S. (2012). *Phytophthora infestans* population structure: a worldwide scale. *Acta Biologica Colombiana*, 17(2), 227–240.
- Chalk, P. M., & Smith, C. J. (2017). ¹⁵N methodologies for estimating the transfer of N from legumes to non-legumes in crop sequences. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 1–23.

- Morais, R. F. de, Boddey, R. M., Urquiaga, S., Jantalia, C. P., & Alves, B. J. R. (2013). Ammonia volatilization and nitrous oxide emissions during soil preparation and N fertilization of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Soil Biology and Biochemistry*, 64, 80–88.
- Deberdt, P., Gozé, E., Coranson-Beaudu, R., Perrin, B., Fernandes, P., Lucas, P., & Ratnadass, A. (2015). *Crotalaria spectabilis* and *raphanus sativus* as previous crops show promise for the control of bacterial wilt of tomato without reducing bacterial populations. *Journal of Phytopathology*, 163(5), 377–385.
- Dias, P. F., Souto, S. M., Resende, A. S., Urquiaga, S., Rocha, G. P., Moreira, J. F., & Franco, A. A. (2007). Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim *Survenola* crescido em consórcio. *Ciência Rural*, 37(2), 352–356.
- Draffehn, A., Li, L., Krezdorn, N., Ding, J., Lübeck, J., Strahwald, J., ... Gebhardt, C. (2013). Comparative transcript profiling by SuperSAGE identifies novel candidate genes for controlling potato quantitative resistance to late blight not compromised by late maturity. *Frontiers in Plant Science*, 4, 423.
- Duan, W. J., Yang, T. Z., Dai, Y., Li, D. L., Zhang, X. Q., Liu, H. B., ... Wang, C. G. (2012). Stomatal NH₃ compensation point and its metabolic regulation in senescence phenotypes of *Nicotiana tabacum*. *Biologia Plantarum*, 56(4), 771–774.
- Elia, A., & Conversa, G. (2012). Agronomic and physiological responses of a tomato crop to nitrogen input. *European Journal of Agronomy*, 40, 64–74.
- Farquhar, G. D., Firth, P. M., Wetselaar, R., & Weir, B. (1980). On the Gaseous Exchange of Anunonia between Leaves and the Environment: Determination of the Ammonia Compensation Point. *Plant Physiology*, 66, 710–714.
- Filho, A. C. A. C., Cunha, T. P. L., Mingotte, F. L. C., Amaral, C. B. A., Lemos, L. B. L., Filho, D. F. (2014). Adubação nitrogenada no feijoeiro após palhada de milho e braquiária no plantio direto. *Revista Caatinga*, 27 (2), 66-75.
- Filho, J. A. A., & Melo, A. M. T. (2001). Avaliação de tomate silvestre do tipo cereja. *Horticultura Brasileira*, 19, 1–5.
- Garcia-Pausas, J., Rabissi, A., Rovira, P., & Romanyà, J. (2016). Organic Fertilisation Increases C and N Stocks and Reduces Soil Organic Matter Stability in Mediterranean Vegetable Gardens. *Land Degradation and Development*, 698(July 2016), 691–698.
- Hanstein, S., Mattsson, M., Jaeger, H. J., & Schjoerring, J. K. (1999). Uptake and utilization of atmospheric ammonia in three native Poaceae species: leaf conductances, composition of apoplastic solution and interactions with root nitrogen supply. *New Phytologist*, 141, 71–83.

- Hellmann, C., Werner, C., & Oldeland, J. (2016). A Spatially Explicit Dual-Isotope Approach to Map Regions of Plant-Plant Interaction after Exotic Plant Invasion. *PLOS ONE*, 11(7), 1–16.
- Husted, S., Mattsson, M., & Schjoerring, J. K. (1996). Ammonia compensation points in two cultivars of *Hordeum vulgare* L. during vegetative and generative growth. *Plant, Cell and Environment*, 19, 1299–1306.
- Inácio, C. T., Urquiaga, S., Chalk, P. M., Mata, M. G. F., & Souza, P. O. (2015). Identifying N fertilizer regime and vegetable production system in tropical Brazil using ^{15}N natural abundance. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(15), 3025–3032.
- Jansa, J., Mozafar, A., & Frossard, E. (2003). Long-distance transport of P and Zn through the hyphae of an arbuscular mycorrhizal fungus in symbiosis with maize. *Agronomie*, 23(5–6), 481–488.
- Kaur, B., Kaur, G., & Asthir, B. (2017). Biochemical aspects of nitrogen use efficiency: An overview. *Journal of Plant Nutrition*, 40(4), 506–523.
- Kumar, P., Rouphael, Y., Cardarelli, M., & Colla, G. (2015). Effect of nickel and grafting combination on yield, fruit quality, antioxidative enzyme activities, lipid peroxidation, and mineral composition of tomato. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 178, 848–860.
- Lesuffleur, F., Salon, C., Jeudy, C., & Cliquet, J. B. (2013). Use of a $^{15}\text{N}_2$ labelling technique to estimate exudation by white clover and transfer to companion ryegrass of symbiotically fixed N. *Plant and Soil*, 369(1), 187–197.
- Li, R., Tao, R., Ling, N., & Chu, G. (2017). Chemical, organic and bio-fertilizer management practices effect on soil physicochemical property and antagonistic bacteria abundance of a cotton field: Implications for soil biological quality. *Soil and Tillage Research*, 167, 30–38.
- Li, Y., Huang, L., Zhang, H., Wang, M., & Liang, Z. (2017). Assessment of Ammonia Volatilization Losses and Nitrogen Utilization during the Rice Growing Season in Alkaline Salt-Affected Soils. *Sustainability*, 9(132), 1–15.
- Li, Y., Ran, W., Zhang, R., Sun, S., & Xu, G. (2009). Facilitated legume nodulation, phosphate uptake and nitrogen transfer by arbuscular inoculation in an upland rice and mung bean intercropping system. *Plant Soil*, 315, 285–296.
- Liu, T., Cheng, Z., Meng, H., Ahmad, I., & Zhao, H. (2014). *Scientia Horticulturae* Growth, yield and quality of spring tomato and physicochemical properties of medium in a tomato / garlic intercropping system under plastic tunnel organic medium cultivation. *Scientia Horticulturae*, 170, 159–168.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. (1997). Evaluation of the nutritional status of plants: principles and applications. Piracicaba: POTAFOS.

- Márquez-Quiroz, C., Sánchez-Chávez, E., de la Cruz-Lázaro, E., Osorio-Osorio, R., & López-Espinosa, S. T. (2015). Nitrogen Metabolism and Tomato Yield in Response to Organic Fertilization. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(21), 2774–2786.
- Mattsson, M., Herrmann, B., David, M., Loubet, B., Riedo, M., Theobald, M. R., ... Schjoerring, J. K. (2009). Temporal variability in bioassays of the stomatal ammonia compensation point in relation to plant and soil nitrogen parameters in intensively managed grassland. *Biogeosciences*, 6, 171–179.
- Meng, L., Zhang, A., Wang, F., Han, X., Wang, D., & Shumin, L. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobium facilitate nitrogen uptake and transfer in soybean / maize intercropping system. *Plant Nutrition*, 6, 1–10.
- Mikkelsen, B. L., Rosendahl, S., & Jakobsen, I. (2008). Underground resource allocation between individual networks of mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 180(4), 890–898.
- Olivares, J., Bedmar, E. J., & Sanjuán, J. (2013). Biological nitrogen fixation in the context of global change. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 26(5), 486–94.
- Ozores-Hampton, M., Simonne, E., Roka, F., Morgan, K., Sargent, S., Snodgrass, C., & Mcavoy, E. (2012). Spring with Subsurface Irrigation. *HORTSCIENCE*, 47(8), 1129–1135.
- Peoples, M. B., Chalk, P. M., Unkovich, M. J., & Boddey, R. M. (2015). Can differences in ^{15}N natural abundance be used to quantify the transfer of nitrogen from legumes to neighbouring non-legume plant species? *Soil Biology and Biochemistry*, 87, 97–109.
- Pérez-Labrada, F., Mendoza, A. B., Valdez-Aguilar, L. A., & Robledo-Torres, V. (2016). Citric acid in the nutrient solution increases the mineral absorption in potted tomato grown in calcareous soil. *Pakistan Journal of Botany*, 48(1), 67–74.
- Ribeiro, R., Bouillet, J., Paulo, C., Moraes, L. De, & Nouvellon, Y. (2015). Soil Biology & Biochemistry Evidence of short-term belowground transfer of nitrogen from *Acacia mangium* to *Eucalyptus grandis* trees in a tropical planted forest, 91, 99–108.
- Sakai, R. H., Ambrosano, E. J., Clarissa, A., Negrini, A., Cesar, P., Trivelin, O., ... César, P. (2011). N transfer from green manures to lettuce in an intercropping cultivation system. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 33, 679–686.
- Seufert, V., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485(7397), 229–232.
- Schjoerring, J. K., Husted, S., Mäck, G., Nielsen, K. H., Finnemann, J., & Mattsson, M. (2000). Physiological regulation of plant-atmosphere ammonia exchange. *Plant and Soil*, 221(1), 95–102.

- Schmautz, Z., Loeu, F., Liebisch, F., Graber, A., Mathis, A., Griessler Bulc, T., & Junge, R. (2016). Tomato Productivity and Quality in Aquaponics: Comparison of Three Hydroponic Methods. *Water*, 8(11).
- Silva, M. E., Muniz, M. D. F. S., Silva, A. B. da, Castro, J. M. da C. e, Filho, G. M., Rocha, F. da S., ... Silva, M. B. (2014). Sucessão De Cultivos No Manejo Da Casca Preta Do. *NEMATROPICA*, 44(1), 57–63.
- Silva, E. C., Muraoka, T., Buzetti, S., Espinal, F. S. C. & Trivelin, P. C. O. (2008). Utilização do nitrogênio da palha de milho e de adubos verdes pela cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 32, 2853-2861.
- Tao, J., Liu, X., Liang, Y., Niu, J., Xiao, Y., Gu, Y., ... Yin, H. (2017). Maize growth responses to soil microbes and soil properties after fertilization with different green manures. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101(3), 1289–1299.
- Tardy, F., Damour, G., Dorel, M., Moreau, D., Flores, O., & Garnier, E. (2017). Trait-based characterisation of soil exploitation strategies of banana, weeds and cover plant species. *PLOS ONE*, 12(3), e0173066.
- Teste, F. P., Veneklaas, E. J., Dixon, K. W., & Lambers, H. (2015). Is nitrogen transfer among plants enhanced by contrasting nutrient-acquisition strategies? *Plant, Cell & Environment*, 38(1), 50–60.
- Trani, P. E. et al. (2015) Calagem e adubação do tomate de mesa. Campinas: Instituto Agrônômico, 35p. (Boletim Técnico IAC, 215).
- Trivelin, P. C. O.; Salati, E.; Matsui, E. (1973) Preparo de amostras para análise de ^{15}N por espectrometria de massas. Piracicaba: CENA, p.41. (Boletim Técnico, 2).
- Thilakarathna, M. S., Mcelroy, M. S., Chapagain, T., Papadopoulos, Y. A., & Raizada, M. N. (2016). Belowground nitrogen transfer from legumes to non-legumes under managed herbaceous cropping systems . A review. *Agronomy for Sustainable Development*.
- Thilakarathna, M. S., Papadopoulos, Y. A., Rodd, A. V., Grimmett, M., Fillmore, S. A. E., Crouse, M., & Prithiviraj, B. (2016). Nitrogen fixation and transfer of red clover genotypes under legume-grass forage based production systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 106(2), 233–247.
- Vrignon-Brenas, S., Celette, F., Piquet-Pissaloux, A., & David, C. (2016). Biotic and abiotic factors impacting establishment and growth of relay intercropped forage legumes. *European Journal of Agronomy*, 81, 169–177.

- Wang, L., Pedas, P., Eriksson, D., & Schjoerring, J. K. (2013). Elevated atmospheric CO₂ decreases the ammonia compensation point of barley plants. *Journal of Experimental Botany*, 64(10), 2713–2724.
- Wang, L., & Schjoerring, J. K. (2012). Seasonal variation in nitrogen pools and ¹⁵N / ¹³C natural abundances in different tissues of grassland plants. *Biogeosciences*, 9, 1583–1595.
- Wu, Y. J., Yang, T. Z., Song, Y. Y., Zhang, X. Q., Xu, S. X., Xue, G., & Xing, X. X. (2016). Metabolic regulation of ammonia emission in different senescence phenotypes of *Nicotiana tabacum*. *BIOLOGIA PLANTARUM*, 60(1), 190–194.
- Yu, Y., Stomph, T.-J., Makowski, D., Zhang, L., & van der Werf, W. (2016). A meta-analysis of relative crop yields in cereal/legume mixtures suggests options for management. *Field Crops Research*, 198, 269–279.
- Zang, H., Yang, X., Feng, X., Qian, X., Hu, Y., Ren, C., & Zeng, Z. (2015). Rhizodeposition of Nitrogen and Carbon by Mungbean (*Vigna radiata* L.) and Its Contribution to Intercropped Oats (*Avena nuda* L.). *PLOS ONE*, 10(3), 1-14.

4. CONCLUSÕES GERAIS

Os minitomateiros consorciados com os adubos verdes não tiveram o NFC, MFC, MMFC, e NFT, MFT, MMFT reduzidos em relação as testemunhas. Indicando que não houve interferência dos adubos verde as plantas de minitomate.

Os adubos verdes não interferiram nos parâmetros químicos da qualidade e nos teores de macro e micronutrientes do minitomateiro.

As leguminosas utilizadas neste trabalho mostraram ter potencial de transferência de N para as plantas de minitomate.