

Efeito da fertilização orgânica no crescimento de alface (*Lactuca sativa* L.) e atividade microbiológica em Cambissolo Háplico Distrófico

Effect of organic fertilization on the growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and microbiological activity in Dystrophic Haplic Cambisol

Efecto de la fertilización orgánica en el crecimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) y la actividad microbiológica en Cambisol Háplico Distrófico

Recebido: 27/09/2023 | Revisado: 16/10/2023 | Aceitado: 17/10/2023 | Publicado: 20/10/2023

Jéssica Alves Nogaroli

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3184-6661>
Universidade Tuiuti do Paraná, Brasil
E-mail: Jessica.nogaroli@utp.br

Jonas Schlotag Stremel

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8700-0483>
Universidade Tuiuti do Paraná, Brasil
E-mail: schlotagstremel@gmail.com

Tony Lipinsky

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6421-9427>
Universidade Tuiuti do Paraná, Brasil
E-mail: tonylipinskyalemao@gmail.com

Thauane Rossa Cordeiro

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1162-5793>
Universidade Tuiuti do Paraná, Brasil
E-mail: thuanerossacordeiro@gmail.com

Resumo

A crescente demanda pela fertilização orgânica e sua importância econômica, apresenta-se como ótima alternativa para os produtores de hortaliças, pois além de suprir a demanda de nutrientes das culturas, também auxilia nas estruturas físicas, químicas e biológicas do solo e reduz a dependência dos adubos químicos. Porém, são necessários mais estudos acerca do potencial nutritivo desses compostos, bem como recomendações de formas de aplicação visando melhorar o sistema produtivo. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a interação dos microrganismos do solo, por meio dos atributos Respiração Basal do Solo (RBS), Biomassa Microbiana (BMS) e Quociente Metabólico (qCO₂) e o rendimento (g/planta), comprimento (cm) e largura (cm) da alface, bem como o número de folhas totais (NFT) comerciais (NFC) e não comerciais (NFNC) após aplicação de diferentes doses de fertilizante líquido a base de esterco bovino. A metodologia consistiu em um delineamento inteiramente casualizado com um esquema fatorial 5x4 (5 tratamentos com 4 repetições). Os tratamentos consistiram em T1 (Testemunha), T2 (3,0 L/ha¹ de Fertilizante Orgânico), T3 (6,0 L/ha¹ de Fertilizante Orgânico), T4 (9,0 L/ha¹ de Fertilizante Orgânico) e T5 (12,0 L/ha¹ de Fertilizante Orgânico). Os atributos avaliados demonstraram que não houve diferença significativa entre os tratamentos quando avaliado RBS, BMS e qCO₂, já no que diz respeito a produtividade da cultura, obtivemos modelos de regressão quadrático e linear, onde o fertilizante orgânico líquido se mostrou promissor. A dose de 9 l/ha foi a que mais obteve resultados positivos relacionados a planta, pois tivemos aumento da produtividade e diminuição do desperdício.

Palavras-chave: Agricultura sustentável; Matéria orgânica; Ciclagem de nutrientes.

Abstract

The increasing demand for organic fertilization and its economic importance shows to be a great alternative for vegetable producers, as it not only meets the nutrient demands of crops but also helps in the physical, chemical, and biological structures of the soil and reduces dependence on chemical fertilizers. However, more studies are necessary regarding the nutritional potential of these compounds, as well as recommendations for application methods aimed at improving the production system. Therefore, the objective of this study was to evaluate the interaction of soil microorganisms through the attributes of Soil Basal Respiration (SBR), Microbial Biomass (MB), and Metabolic Quotient (qCO₂), as well as the yield (g/plant), length (cm), and width (cm) of lettuce, as well as the total number of commercial (NFC) and non-commercial (NFNC) leaves after applying different doses of liquid fertilizer based on bovine manure. The methodology consisted of a completely randomized design with a 5x4 factorial scheme (5 treatments with 4 repetitions). The treatments consisted of T1 (Control), T2 (3.0 L/ha¹ of Organic Fertilizer), T3 (6.0

L/ha¹ of Organic Fertilizer), T4 (9.0 L/ha¹ of Organic Fertilizer), and T5 (12.0 L/ha¹ of Organic Fertilizer). The evaluated attributes showed that there was no significant difference between treatments when SBR, MB, and qCO₂ were evaluated. However, regarding plant yield, quadratic and linear regression models were obtained, where the liquid organic fertilizer showed promise. The dose of 9 L/ha was the one that obtained the most positive results related to the plant, as we had an increase in productivity and a decrease in waste.

Keywords: Sustainable agriculture; Organic matter; Nutrient cycling.

Resumen

La creciente demanda de fertilización orgánica y su importancia económica se muestra como una excelente alternativa para los productores de hortalizas, ya que no solo satisface las demandas de nutrientes de los cultivos sino que también ayuda en las estructuras físicas, químicas y biológicas del suelo y reduce la dependencia de los fertilizantes químicos. Sin embargo, se necesitan más estudios sobre el potencial nutricional de estos compuestos, así como recomendaciones para métodos de aplicación destinados a mejorar el sistema de producción. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la interacción de los microorganismos del suelo a través de los atributos de Respiración Basal del Suelo (RBS), Biomasa Microbiana (BMS) y Quociente Metabólico (qCO₂), así como el rendimiento (g/planta), longitud (cm) y ancho (cm) de la lechuga, así como el número total de hojas comerciales (NFC) y no comerciales (NFNC) después de aplicar diferentes dosis de fertilizante líquido a base de estiércol bovino. La metodología consistió en un diseño completamente aleatorizado con un esquema factorial 5x4 (5 tratamientos con 4 repeticiones). Los tratamientos consistieron en T1 (Control), T2 (3,0 L/ha¹ de Fertilizante Orgánico), T3 (6,0 L/ha¹ de Fertilizante Orgánico), T4 (9,0 L/ha¹ de Fertilizante Orgánico) y T5 (12,0 L/ha¹ de Fertilizante Orgánico). Los atributos evaluados mostraron que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos cuando se evaluaron RBS, BMS y qCO₂. Sin embargo, en cuanto al rendimiento de la planta, se obtuvieron modelos de regresión cuadráticos y lineales, donde el fertilizante orgánico líquido mostró ser prometedor. La dosis de 9 L/ha fue la que obtuvo los resultados más positivos relacionados con la planta, ya que tuvimos un aumento en la productividad y una disminución del desperdicio.

Palabras clave: Agricultura sostenible; Materia orgánica; Ciclaje de nutrientes.

1. Introdução

Dentre as hortaliças folhosas, a alface (*Lactuca sativa* L.) é a mais comercializada no Brasil, normalmente consumida *in natura*, em saladas ou sanduíches, sendo rica em vitaminas e minerais (Blat et al., 2011; Sala & Costa, 2012). Pertence à ordem *Asterales*, família *Asteraceae*, gênero *Lactuca*, é uma planta anual, herbácea, de raiz fina e haste ereta (Souza, 2022). O interesse da população pelo consumo da folhosa está no fato desta possuir um leque de variedades, diferindo-se em tamanho, forma, coloração e textura de suas folhas (Sediyama et al., 2016). Segundo Embrapa, (2022) seus valores nutricionais podem variar de acordo com suas diferentes cultivares.

A produção de alface no Brasil representa cerca de 49,9% da produção de folhosas em todo território nacional, sendo a maior produtividade encontrada na região Sul e Sudeste com média de 84% (Vilela & Luengo, 2022), no Paraná, normalmente, se encontram sob algum tipo de Cambissolo (cerca de 37 % - Ker et al., 2012). Sua produção é influenciada por fatores como clima (Roel et al., 2007) e luminosidade (Mohanta et al., 2017; Rogowski et al., 2019). Por se tratar de uma planta de ciclo curto, a alface exige alta demanda de nutrientes necessários para seu desenvolvimento, por esse motivo a adubação torna-se indispensável (Silva et al., 2017; Silva & Silva, 2019).

O alto custo dos fertilizantes minerais e o aumento da poluição ambiental (Souza & Resende, 2006), como a contaminação de recursos hídricos (Farias et al., 2017), estresse por salinização e maior suscetibilidade a doenças (Fertisystem, 2023), pelo uso incorreto destes, faz com que os fertilizantes orgânicos sejam uma ótima opção do ponto de vista ambiental e econômico, devido a ciclagem de nutrientes (Silva et al., 2010). Neste cenário, a adubação orgânica surge como forma de melhorar a produção, favorecendo a maior disponibilidade de nutrientes às plantas, redução do processo erosivo, estímulo da atividade biológica, maior agregação de partículas do solo, maior retenção de água, aumento da taxa de infiltração, entre outros (Siqueira & Siqueira, 2013; Santiago & Rosseto, 2022). Além disso, seu uso também tem um efeito positivo na microbiota do solo, resultando em um aumento na biodiversidade presente (Belinato et al., 2017). Visto os inúmeros benefícios da utilização dos fertilizantes orgânicos, quando há impactos ambientais provocados pelo seu uso, em suma, são devidos a falta de critérios

técnicos no momento da recomendação de uso, juntamente com um longo período de utilização incorreto (Hentz & Carvalho, 2013).

As fontes dos fertilizantes orgânicos podem ser classificadas como orgânicas (provindos de resíduos vegetais ou animais) ou compostas (através de processos bioquímicos naturais ou controlados) (Villas Boas et al., 2004). De acordo com Pereira (2015) o que determina a composição dos fertilizantes orgânicos é a matéria prima utilizada, taxa de umidade, manipulação, entre outras características. Resíduos vegetais e animais, após estabilização e adequação das quantidades mínimas de contaminantes (IN 25, 23/07/2009), podem ser considerados como fertilizantes orgânicos, e vem sendo utilizados na produção de alface de forma promissora (Peixoto Filho et al., 2013; Ziech et al., 2014; Sedyama et al., 2016). Uma das principais matérias primas empregadas na fabricação de fertilizantes orgânicos compreendem o esterco bovino, os compostos orgânicos e os vermicompostos (Finatto et al., 2013), além do esterco de caprinos e aves (Santos et al., 2010). Sendo o esterco bovino mais utilizado devido à sua maior disponibilidade no mercado (Santos et al., 2010).

É essencial estabelecer a correlação entre os tipos de fertilizantes orgânicos e as necessidades específicas de cada cultura (Eeckhardt, 2015) pois a taxa de mineralização de nutrientes de fontes orgânicas é mais lenta e de forma gradual quando comparados ao fertilizante mineral (Neto-Ferreira, 2020), portanto, a disponibilização dos nutrientes pode não ocorrer sincronizada com a absorção pelas culturas (Abranches et al., 2021). O estudo do potencial nutritivo tende a gerar ao produtor o melhor aproveitamento de suas áreas, melhorando o ciclo de produtos gerados (Melo, 2020). O uso desses fertilizantes na forma líquida tende a ser uma ótima opção, uma vez que a ocorre a rápida absorção dos nutrientes (Cirino et al., 2021). Sendo a adubação um dos manejos mais onerosos na produção de hortaliças, o fertilizante líquido orgânico pode ajudar a aumentar o lucro e se torna uma ótima alternativa para que os produtores tenham maior produtividade (Algere, 2018).

Ao fornecer no solo substâncias ricas em carbono orgânico (C_{org}), como esterco bovino líquido, os microrganismos presentes no meio, utilizam esses materiais como fonte de energia, essa prática estimula o aumento da atividade microbiana e como resultado à liberação de CO_2 (Figueiredo & Ramos, 2009), modificando os níveis de respiração basal do solo (RBS) (Schmidt et al., 2012). Isto ocorre, porque, a decomposição acelerada da matéria orgânica presente, resulta em uma disponibilidade mais rápida de nutrientes para as plantas pois são mineralizados por esses microrganismos (Severino et al., 2004). A mensuração da taxa de liberação de CO_2 pelos microrganismos do solo é uma das abordagens mais convencionais para avaliar a população microbiana por meio de sua atividade metabólica (Silva et al., 2021), avaliando desta maneira a qualidade do solo.

A avaliação da taxa de respiração basal do solo é um dos parâmetros mais antigos para quantificar atividade microbiana Allef (1996 como citado por Silva et al, 2021), todavia não é capaz de distinguir diferenças de atividades microbianas, por exemplo, entre solos de floresta natural e áreas cultivadas, indicando assim uma atividade semelhante nesses tipos de solo. Quando passamos, entretanto, a considerar a taxa de respiração por unidade de biomassa (qCO_2) o valor obtido no solo de floresta natural demonstra, mesmo que ligeiramente menor, um solo mais estável e equilibrado (Childs, 2007).

Os principais fatores que podem afetar as atividades microbianas são, além da adição excessiva de resíduos ao solo, fatores como a temperatura, o pH e atmosfera (EMBRAPA, 2007), influenciando assim diretamente no quociente metabólico (qCO_2). Dessa forma, entender a dinâmica e as formas de aplicação desses produtos é de suma importância para os setores produtivos, pois além de sua composição singular, os fertilizantes orgânicos podem beneficiar o ambiente, auxiliar a microbiota e permitem estudos mais aprofundados sobre o impacto das diferentes concentrações nos microrganismos.

Nesse contexto, este estudo tem como objetivos avaliar a eficiência da aplicação de diferentes doses de fertilizante líquido orgânico de origem bovina na cultura da alface, levando em consideração o número de folhas totais, o número de folhas comerciais e não comerciais e o tamanho das folhas. Além disso, avalia os efeitos da adubação orgânica na Respiração Basal do Solo (RBS), na Respiração Induzida (RIS - que quantifica a biomassa microbiana) e no Quociente Metabólico

(qCO₂) do solo cultivado com alface. Visando contribuir para a compreensão da aplicação de fertilizantes orgânicos na produção de alface e seus impactos no solo e nas plantas.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, e as análises realizadas no laboratório de solos no campus Barigui da Universidade Tuiuti do Paraná. A região, segundo a classificação de Köppen apresenta clima classificado como Cfb, caracterizando-se como subtropical úmido, com quatro estações do ano bem definidas. A temperatura média anual é de 18 °C, com mínima de 9 °C e máxima de 27 °C. Foram utilizadas como base para a metodologia científica a proposta por Benzatto e Kronka (2006).

Foram coletados cerca de 100 kg de um Cambissolo Háplico tb Eutrófico da camada 0-20 cm na região de Bateias, Campo Largo – PR, onde, anteriormente, foi destinada ao cultivo de hortaliças, contudo foi gradualmente recolonizada pela vegetação nativa devido à sua não utilização. Após a coleta, foi levado a casa de vegetação do campus, destorado, não sendo necessário passar em peneira, e então foi alocado nos respectivos vasos do experimento, cada um recebendo 5 kg de solo. Os vasos possuíam área de 0,033 m². Uma amostra do solo utilizado foi enviada ao Laboratório de Análise do Solo - LaborSolo[®], na cidade de Londrina, Paraná, no mês de fevereiro de 2023. Após a obtenção dos resultados das análises químicas do solo e de sua densidade (Tabela 1), em março de 2023.

O delineamento experimental (Benzatto & Kronka, 2006) consistiu em esquema fatorial 5x4 (cinco doses e 4 repetições) contabilizando 20 vasos, contendo estes individualmente 5 litros e 0,033m² cada realizado em casa de vegetação. Foram estudadas cinco doses, divididas em tratamentos, sendo T1 (sem aplicação de fertilizante), T2 (dose de 3,0 L/ha), T3 (dose de 6,0 L/ha); T4 (dose de 9,0 L/ha) e T5 (dose de 12,0 L/ha).

Após interpretação da análise do solo (Tabela 1) e os cálculos pertinentes a adubação seguindo o Manual de Adubação e Calagem do Estado do Paraná, foram aplicados 9 g de KCl (Cloreto de Potássio) e 4 g de ureia por vaso. Após a adubação realizou-se a irrigação com 150 ml de água deionizada em cada.

Segundo a análise química do solo o pH encontrava-se em 5,79 e sua saturação por base 83,49%, não havendo necessidade de realizar a correção por meio da calagem. Os teores de fósforo também indicavam que não haveria necessidades de realizar a correção. A semeadura foi feita no dia posterior da adubação nitrogenada e potássica, ou seja, dia 05 de Março de 2023. A cultivar utilizada no experimento foi a Alface (*Lactuca sativa* L.) da variedade JUNCTION RZ[®], do grupo RIJK ZWAAN[®].

Tabela 1 - Análise química do solo utilizado no experimento. Campo Largo – PR, 2023.

M.O.S	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	Densidade
g/dm ³	(CaCl ₂)	mg/dm ³	-----cmol _c /dm ³ -----					g/dm ³
45,52	5,79	185,69	0,18	19,47	6,98	N.D.	5,27	1,5
CTC	V %	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	SB
pH 7,0	%	-----mg/dm ³ -----						cmol _c /dm ³
31,92	83,49	8,53	0,96	7,54	178,46	277,38	24	26,63

Fonte: LaborSolo[®].

Para este experimento, foi utilizado um fertilizante orgânico líquido em parceria com a empresa Organic Able, onde a matéria prima principal desse produto é o esterco bovino leiteiro. A fertirrigação foi realizada com aplicação de 150 ml da solução em cada vaso conforme cada tratamento, sendo feita semanalmente até o dia da colheita. Durante os demais dias da semana, realizou-se apenas a irrigação com água deionizada, variando de 150 ml a 200ml conforme a necessidade da planta devido a temperatura e clima para elevar a capacidade de campo a 60%.

Para a preparação da solução de fertirrigação foram utilizados quatro galões individuais, cada um com capacidade para cinco litros, foram preenchidos com água deionizada e para os tratamentos T2, T3, T4 e T5, foi adicionado em cada galão a dose de fertilizante orgânico líquido de acordo com a concentração de cada tratamento, ou seja, mediante a área do vaso, calculou-se a quantidade de fertilizante que corresponderia as dimensões. Utilizando-se uma pipeta graduada, foi aplicado 0,33 ml (para concentração de 3,0 L ha¹), 0,66 ml (para concentração de 6,0 L ha¹), 0,99 ml (para concentração de 9,0 L ha¹) e 1,32 ml (para concentração de 12 L ha¹). O total de dias desde a semeadura até o momento da realização da colheita contabilizaram 67 dias.

Após a colheita, as plantas de alface e as amostras de solo foram levados para o Laboratório de Solos da Universidade Tuiti do Paraná, foram mensurados: Número de Folhas Totais (NFT), Número de Folhas Comerciais (NFC), Número de Folhas Não Comerciais (NFNC), rendimento (g/planta), tamanho das folhas (cm), Respiração Basal do Solo (RBS), Respiração Induzida (RIS) e Quociente Metabólico (qCO₂).

O teste de Respiração Basal do Solo (RBS) foi conduzido seguindo o método de Allef (1995). Inicialmente, foi coletado de cada vaso 100 g de solo e adicionando esta mesma quantidade em 20 Erlenmeyers diferentes devidamente identificados conforme cada tratamento. Adicionou-se então em cada, um tubo de ensaio contendo 10 ml de água destilada e um tubo de ensaio contendo 15 ml de Hidróxido de Sódio (NaOH) a 0,5 N. Posteriormente a introdução dos tubos de ensaio foi realizado o selamento conduzindo-os para estufa onde permaneceram por 7 dias em temperatura de 25 °C.

Passados os 7 dias realizou-se a segunda etapa do teste de RBS. Inicialmente, foi feita a retirada de cada um dos tubos de ensaio contendo o NaOH, e feita a transferência dos mesmos para 20 outros Erlenmeyer de 125 ml. Foi aplicado então 1,0 ml BaCl (Cloreto de Bário) (50%) e duas gotas de Fenolftaleína, formando assim um líquido de coloração rosa claro.

Após a formação da solução rosada, realizou-se a titulação das amostras, inserindo em uma pipeta graduada 50 mL de HCL (Ácido Clorídrico) a 0,5 N. Esta solução a ser aplicada em cada Erlenmeyer possui o intuito de avaliar o quanto de HCL, mediante a titulação, seria necessário para realizar a mudança de coloração rosa da solução para o transparente. Este procedimento foi realizado para todas as 20 amostras. Com valor gasto de HCL e mediante cálculo da equação 1, estabeleceu o quanto de mg C-CO₂ kg¹ h¹ seria liberado por cada amostra.

Equação 1 - Cálculo RBS.

$$RBS = \frac{\left\{ \frac{[(HCL \text{ gasto}) \times 0,5 \times 6 \times 1000]}{10} \right\}}{168} = mg \text{ C} - CO_2 \text{ kg}^1 \text{ h}^1$$

O teste de Respiração Induzida (RIS) foi conduzido aos 82 dias do início do experimento seguindo a metodologia proposta por Anderson e Domsch (1978) e descrito por Hopper (2006). Foi coletado 20 g de solo de cada vaso e adicionado em 20 Erlenmeyers de 250 ml devidamente identificados conforme tratamento.

Em cada Erlenmeyer, foi adicionado 60 ml de Glicose anidra; posteriormente, o solo e a glicose contido nestes foram homogenizados com bastão de vidro, foram fechados hermeticamente e pré-incubando em estufa a 22 °C por 2 horas. Após o período de pré-incubação, foi adicionado um tubo de ensaio contendo 10 ml de Hidróxido de Sódio (NaOH) a 0,1 N, e

incubando novamente em estufa a 22 °C por 4 horas. Passadas as 4 horas, foi transferido para novos Erlenmeyers apenas o tubo de ensaio contendo os 10 ml de NaOH 0,1N. Então, foi adicionado 0,5 mL de BaCl (50 %) juntamente com 2 gotas de Fenolftaleína (0,1%) formando uma solução de coloração rosa.

Após esse processo, foi feito a titulação com pipeta graduada 50 mL de HCL (0,025 N) com o objetivo de avaliar o quanto de HCL seria necessário para realizar a mudança de coloração rosa para o transparente na solução. Este procedimento foi realizado em todas as 20 amostras.

Com valor gasto e mediante cálculo da equação 2, estabeleceu-se o quanto de mg de BMS/C/g seria liberado em cada amostra.

Equação 2 - Cálculo RIS.

$$RIS = 30 \times (HCL \text{ gasto}) \times \left\{ \frac{0,025 \times 22 \times 1000}{1,8295 \times 20 \times 4} \right\} = mg \text{ BMS / C / g}$$

Por fim, para determinação do quociente metabólico do solo utiliza-se os valores de respiração basal do solo (RBS) e da biomassa microbiana (RIS) conforme o seguinte cálculo:

Equação 3 - Cálculo qCO₂.

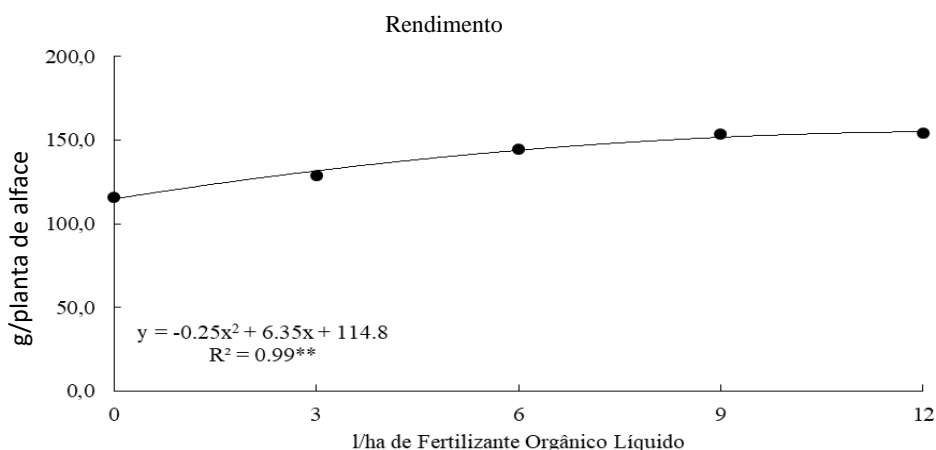
$$qCO_2 = \left(\frac{RBS}{RIS} \right) = \mu g \text{ C-CO}_2/g \text{ BMS-C/h}$$

Os resultados são de esfera qualitativa e foram submetidos a análise estatística univariada de acordo com o modelo experimental adotado utilizando o programa de estatística SISVAR sendo realizado teste de regressão.

3. Resultados e Discussão

Com base nos resultados estatísticos obtidos, conseguimos observar um modelo de regressão quadrático para o rendimento da alface (Figura 1) após a fertirrigação semanal do fertilizante orgânico líquido, apresentando um melhor resultado quando aplicada a dose de 9 l/ha.

Figura 1 - Rendimento de alface, g/planta (n = 4), após fertirrigação, semanal, de doses (0, 3, 6, 9 e 12 l/ha) de Fertilizante Orgânico Líquido.



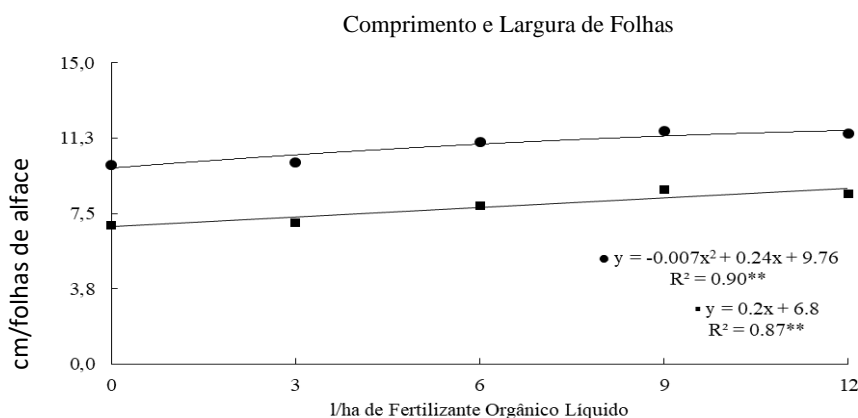
** p < 0,01. Fonte: Aatoria Própria.

Este fato se dá, possivelmente, porque a adição de compostos orgânicos oriundos de esterco bovino melhora as características químicas, físicas e, principalmente, biológicas do solo, devido à solubilização e liberação de macro e micronutrientes (Pereira Filho, 2020). Santos et al., (2021) ao estudarem a aplicação de biofertilizantes a base de esterco bovino e água e doses de composto orgânico no cultivo de alface, relataram um maior incremento de produtividade nas doses 6 e 9 kg/m² de composto e 6,2 L/m² de biofertilizante do mesmo modo aumento no rendimento. Fato esse que corroborou também o estudo feito por Ziech et al., (2014), que ao avaliarem diferentes tipos de compostos orgânicos encontraram resultados positivos no que se refere a adubação de alface.

Sabendo que a liberação de nutrientes através da adubação com compostos orgânicos é mais lenta e gradual em comparação aos fertilizantes minerais (Neto- Ferreira, 2020), justifica o fato que nesse experimento ao aumentarmos a dose para 9 l/ha, temos um aumento no rendimento, sendo necessário doses maiores para que os nutrientes sejam disponíveis para a planta. Porém quando adicionado a dose de 12 l/ha, há um pequeno declínio, pois o excesso de nutrientes pode prejudicar as plantas e até mesmo causar toxicidade. Farias et al., (2017) relataram que plantas de alface adubadas com a dose de 20 t/ha de esterco bovino apresentam resultados satisfatórios quando comparadas com a adubação mineral, confirmando resultados obtidos nesse experimento acerca da melhora nas características da planta ao utilizar compostos orgânicos oriundos do esterco bovino.

No que se refere ao comprimento (Figura 2), tivemos um modelo de regressão quadrático, onde obtivemos maior comprimento de folhas após a aplicação da dose de 9 l/ha. No tocante largura de folhas (Figura 2), obtivemos um aumento linear à medida que aumentamos as doses de fertilizantes.

Figura 2 - Comprimento e largura das folhas de alface, cm (n = 4), após fertirrigação, semanal, de doses (0, 3, 6, 9 e 12 l/ha) de Fertilizante Orgânico Líquido.

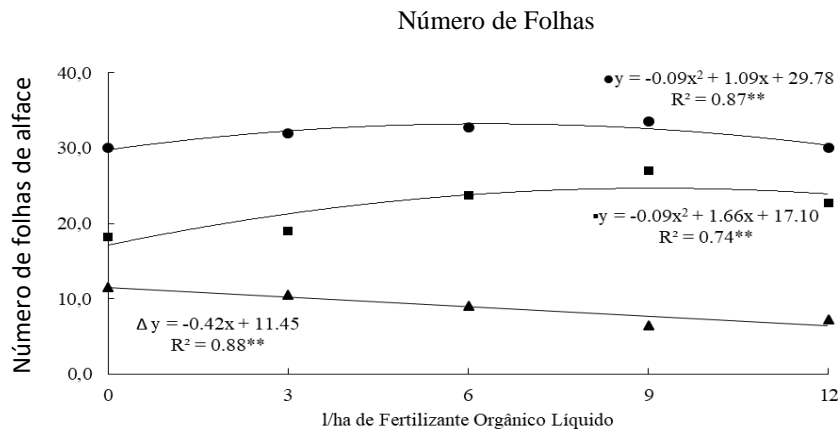


Comprimento (●) e largura (■). ** $p < 0,01$. Fonte: Autoria Própria.

Silva et al., (2013) ao estudarem a aplicação de diferentes tipos de adubos orgânicos a base de cama de aves e esterco bovino, obtiveram resultados parecidos com os relatados neste experimento, quando compararam a adubação orgânica com a mineral em solo cultivado com alface. Esses pesquisadores concluíram que a adubação orgânica favorece o crescimento das folhas, pois a utilização de fertilizantes orgânicos melhora os agregados do solo, assim, melhorando as características da cultura. O que é ratificado por Farias et al., (2017), onde apresentaram resultados positivos ao avaliarem adubação da alface com esterco bovino, relatando que com o aumento da dose de esterco bovino, há aumento na produtividade. A aplicação de biofertilizantes líquidos a base de esterco bovino também apresentou resultados positivos na cultura da alface quando estudada por Barbosa Silva (2018), que concluiu em seu trabalho que o uso desses produtos pode substituir o uso de fertilizantes minerais, pois a cultura apresenta respostas desejáveis ao uso do mesmo.

No que diz respeito número de folhas totais (NFT) e número de folhas comerciais (NFC) (Figura 3), obtivemos um modelo de regressão quadrática, apresentando maior número de folhas na dose de 9 l/ha. Já para as folhas não comerciais (NFNC), houve um efeito linear, à medida que aumentamos a dose, o NFNC também diminuiu, o que significa que a aplicação do fertilizante orgânico líquido além de apresentar boa produtividade, também diminuiu o desperdício.

Figura 3 - Número de folhas totais. Comerciais e não comerciais de alface (n = 4), após fertirrigação, semanal, de doses (0, 3, 6, 9 e 12 l/ha) de Fertilizante Orgânico Líquido. ** p < 0,01.



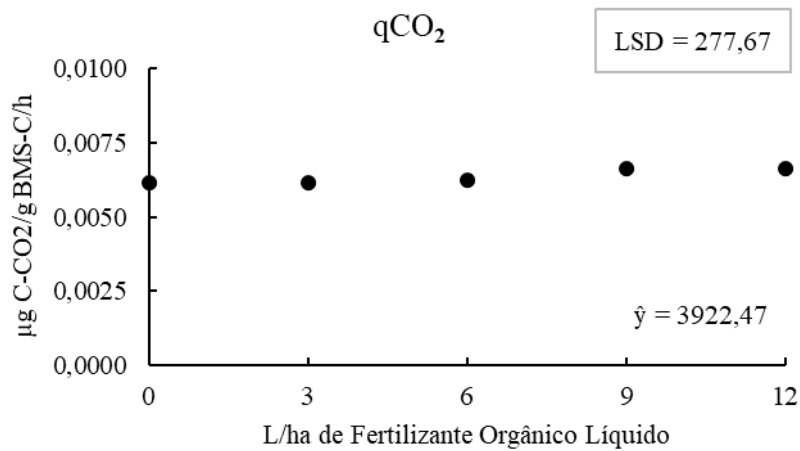
Número de folhas totais (●), de folhas comerciais (■) e de folhas não comerciais (▲). ** p < 0,01. Fonte: Autoria Própria.

O número de folhas por planta está relacionado diretamente aos teores de nutrientes disponíveis no solo e essencialmente pelas características morfológicas de cada cultivar (Bonela et al., 2017). Uma vez que a aplicação do fertilizante orgânico líquido fez com que ocorra aumento no número de folhas, podemos dizer que o produto tende a aumentar a disponibilidade de nutrientes no solo. Silva (2019) ao avaliar diferentes atributos da cultura da alface em resposta a aplicação de esterco bovino obteve resultados parecidos com o deste experimento no tocante número de folhas, uma vez que a aplicação do esterco apresentou um modelo de regressão quadrático. Validando o fato de que, a aplicação dos fertilizantes orgânicos a base de esterco bovino tem mercado promissor, uma vez que há aumento da produtividade, melhoria das qualidades da planta bem como melhoria nas características do solo, diminuindo a adição de fertilizantes químicos.

Ao avaliar a produção de alface com fertilizante orgânico a base de esterco bovino quando comparada com substrato comercial, Silva et al., (2020) destaca as diferenças significativas entre os tratamentos, corroborando também estudos feitos por Peixoto et al., (2013), que estudaram as características da alface após aplicação de fertilizantes orgânicos a base de esterco bovino e cama de aves, onde apresentaram maior rendimento de folhas por planta após a utilização do fertilizante orgânico. Confirmando o que Picazevicz et al., (2020) encontraram em seu estudo, onde os valores de NFT e NFC foram positivos quando adubados com fertilizante orgânico a base de húmus de minhoca. O uso do fertilizante orgânico melhora a qualidade do solo devido principalmente as substâncias húmicas presentes no mesmo, e esse fato está diretamente relacionado ao menor desperdício de folhas à medida que aumentamos a dose do produto (Monteiro Filho et al., 2017).

Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos em relação à taxa de respiração basal, biomassa microbiana (RIS) e quociente metabólico (qCO₂), conforme demonstrado pelas Figuras 4, 5 e 6, respectivamente.

Figura 4 - Quantidade de carbono liberado na forma de CO₂ (C-CO₂) após fertirrigação, semanal, de doses (0, 3, 6, 9 e 12 l/ha) de Fertilizante Orgânico Líquido.



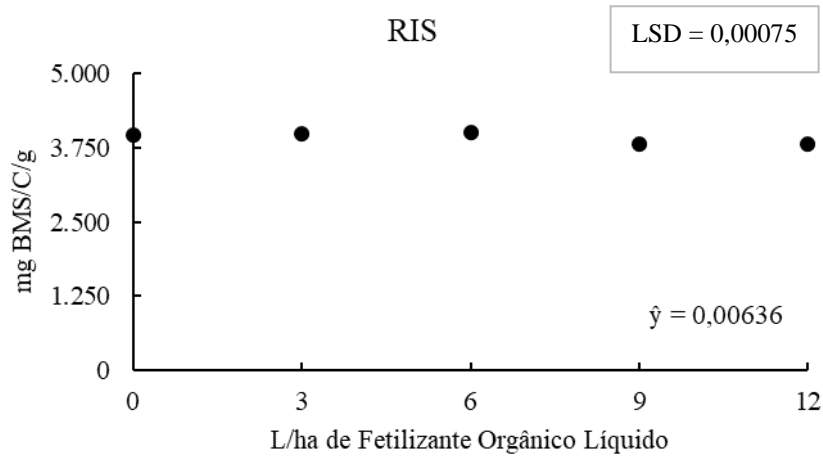
Os tratamentos não diferem entre si estatisticamente conforme teste de regressão (LSD >0,05). Fonte: Autorial Própria.

Segundo Islam, Weil (2000), valores elevados da RBS podem ser resultado de perturbações no ambiente ou alta produtividade do solo, sendo necessário correlacioná-los ao contexto específico. Lopes et al. (2013) relatam que a taxa de C-CO₂ kg¹ h¹ para ser considerada adequada deve ser > 90 mg C-CO₂ kg¹ h¹, considerando a faixa < 40 mg C-CO₂ kg¹ h¹ inadequada para uma boa qualidade do solo. Desta forma, os valores obtidos pela respiração basal do solo neste experimento (24,55 a 25,31 mg C-CO₂ kg¹ h¹) demonstrados na Figura 4, estão abaixo do recomendado para uma boa qualidade do solo segundo a classe de interpretação.

No entanto, estudos conduzidos por Soares (2020), encontraram valores para respiração basal do solo após aplicação de Esterco bovino líquido ao longo de 2018 a 2019 em sistema de plantio direto entre 0,52 a 0,75 mg C-CO₂ kg¹ dia. Neste sentido, a diferença da RBS entre os estudos corrobora com a afirmativa de autores como Giller et al. (1998) que argumentam sobre a influência dos fertilizantes orgânicos junto à microbiota do solo quando se possui diferentes tipos de resíduos, a composição destes e o tipo de solo utilizado, assim como o tempo necessário entre a aplicação dos fertilizantes orgânicos e as atividades dos microrganismos, sendo necessário um período maior de exposição dos microrganismos aos fertilizantes orgânicos para obtenção de alterações nas atividades metabólicas.

A ausência de diferença na taxa de liberação de C-CO₂ kg¹ h¹ entre os tratamentos do experimento está relacionada ao curto período necessário para avaliar as atividades metabólicas dos microrganismos e a subsequente decomposição da matéria orgânica fornecida pelo fertilizante orgânico. Nesse sentido, à medida que resíduos são adicionados ao solo ao longo do tempo, se ocorrerá um aumento nos estoques de matéria orgânica e conseqüentemente uma elevação nas taxas de respiração.

Figura 5 - Quantidade de Biomassa microbiana (BMS) obtido pelo teste de RIS (Respiração Induzida) após fertirrigação, semanal, de doses (0, 3, 6, 9 e 12 l/ha) de Fertilizante Orgânico Líquido.

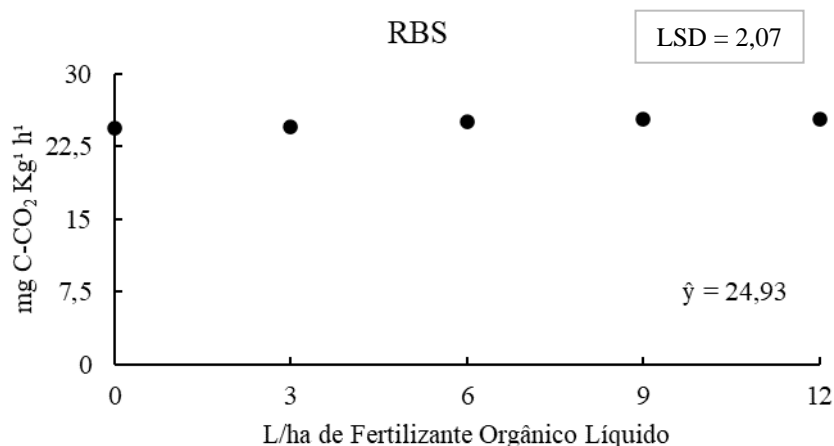


Os tratamentos não se diferiram estatisticamente conforme teste de regressão ($LSD > 0,05$). Fonte: Autoria Própria.

A biomassa microbiana do solo (BMS) (Figura 5), também conhecida como carbono da biomassa microbiana (C-BMS), refere-se à fração viva e ativa da matéria orgânica do solo, compreendendo bactérias, actinomicetos, fungos, microfauna e outros organismos (Moreira & Siqueira, 2006). Lopes et al. (2013) afirmam que a quantidade de biomassa microbiana para ser considerada adequada deve ser superior a 405 mg BMS/C/g, sendo assim, os valores obtidos por este experimento (3.818,88 a 4.010,55 mg BMS/C/g), são considerados adequados para uma boa biodiversidade de microrganismos junto ao solo segundo a classe de interpretação. Os dados apresentados neste experimento corroboram com as afirmações de Hungria et al. (2009) sobre os teores de biomassa microbiana. Segundo os autores geralmente encontram-se menores teores de BMS em solos muito cultivados em comparação a áreas com vegetação nativa.

Estudos conduzidos por Freitas (2020), Oliveira et al. (2009) e Figueiredo e Ramos (2009) relataram valores para Biomassa Microbiana após a aplicação de adubação orgânica a base de esterco bovino entre 127,91 a 220,35 mg BMS/C/g, 75,94 a 144,87 mg BMS/C/g em Latossolo Vermelho eutrófico e 306,3 a 356,1 mg BMS/C/g em Latossolo Vermelho, respectivamente. Já estudos realizados por Soares (2020) encontraram valores para biomassa microbiana após aplicação de Esterco bovino líquido ao longo de 2018 a 2019 em sistema de plantio direto em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico entre 95 a 107 mg BMS/C/g.

Figura 6 - Quantidade de C-CO₂ evoluído por unidade de BMS = Quociente metabólico (qCO₂), após fertirrigação, semanal, de doses (0, 3, 6, 9 e 12 l/ha) de Fertilizante Orgânico Líquido.



Os tratamentos não se diferiram estatisticamente conforme teste de regressão (LSD >0,05). Fonte: Autoria Própria.

O quociente metabólico (qCO₂) (Figura 6) é um indicador importante para compreender a eficiência do uso do carbono pelos microrganismos no solo e detectar estresses na Biomassa Microbiana (BMS) (Anderson & Domsch, 1993). Valores elevados do qCO₂ indicam uma redução na atividade microbiana do solo e um aumento do estresse ambiental enfrentado pelos microrganismos (Wardle & Ghani, 1995). Nesse contexto, estudos conduzidos por Freitas (2020) e Muller et al. (2014) obtiveram valores do quociente metabólico após a adubação orgânica à base de esterco bovino entre 0,179 a 0,303 µg C-CO₂/g BMS-C/h e 0,03 a 0,05 µg C-CO₂/g BMS-C/h respectivamente.

Já estudos realizados por Soares (2020) encontraram valores para o quociente metabólico após aplicação de Esterco bovino líquido ao longo de 2018 a 2019 em sistema de plantio direto entre 0,006 a 0,008 µg C-CO₂/g BMS-C/h. Os valores apresentados nos estudos anteriores diferem-se das médias encontradas neste experimento, onde foram obtidos valores de 0,006149 a 0,006635 µg C-CO₂/g BMS-C/h, sendo estes valores próximos aos encontrados para qCO₂ no estudo de Soares (2020). Soares (2020) também afirma que a aplicação dos produtos orgânicos e as menores taxas de qCO₂ obtidas relacionam-se diretamente com a eficiência na incorporação de carbono pelos microrganismos junto a sua biomassa, evitando a perda do mesmo para a atmosfera na forma de CO₂.

Os resultados deste experimento encontram-se igualmente em concordância com as afirmativas de Santos e Maia (2013), Wardle e Ghani (1995) e Odum (1969), o qual associam os baixos valores de qCO₂ a uma economia na utilização de energia, assim como a um ambiente estável ou próximo do equilíbrio (semelhante ao estado de vegetação natural).

Assim sendo, os resultados obtidos através dos valores de biomassa microbiana do solo (BMS) e quociente metabólico (qCO₂) evidenciam a real existência de um ambiente com vegetação nativa ou um ambiente estável na área estudada, devendo isto à gradual recolonização da área estudada pela vegetação, a maior quantidade de microrganismos encontrados nesse experimento, bem como aos menores valores de quociente metabólico (indicando qualidade e eficiência dos microrganismos presentes).

Todavia, a ausência de diferença entre os valores obtidos por cada atributo em comparação à testemunha no experimento deve-se à curta duração do estudo, pois, assim como Sparling (1992) relata, modificações na matéria orgânica resultantes das atividades microbianas são de difícil detecção quando se emprega curto período em tal atividade. Giller et al. (1998) de igual forma estabelece que o impacto da aplicação de resíduos na biomassa microbiana varia de acordo com o tipo de resíduo, sua composição, o tipo de solo, a profundidade da amostragem e o intervalo de tempo entre a aplicação e a avaliação da BMS. Portanto, é necessário um tempo maior de exposição dos microrganismos aos resíduos aplicados ao solo,

como por exemplo os fertilizantes orgânicos, para observar alterações na biomassa (Giller et al., 1998). Desta forma, o curto intervalo de tempo (43 dias) entre a aplicação do fertilizante orgânico e a análise laboratorial dos atributos estabelecidos no estudo pode ter contribuído para a ausência de diferença estatística entre os tratamentos em relação à testemunha.

Contudo, não se descarta a possibilidade de que aplicação do fertilizante orgânico pode ter influenciado positivamente outros atributos do solo em questão. A aplicação gradual de fertilizantes orgânicos neste estudo pode ter promovido uma melhor estruturação do solo assim como pode ter melhorado as propriedades químicas, evitando assim o estresse hídrico nas plantas e as deficiências nutricionais, não tendo sido estes constatados durante a execução do experimento. Fato esse que corrobora um aumento na produtividade da planta, uma vez que obtivemos resultados positivos no que se refere a mesma bem como diminuição no desperdício.

A influência dos fertilizantes orgânicos na estrutura do solo está relacionada ao arranjo e à união das partículas por meio de agentes cimentantes, sendo estes inorgânicos (argila) e orgânicos (polissacarídeos, hifas, fungos e substâncias húmicas aromáticas), formando-se assim os agregados do solo (Tisdall & Oades, 1982). A matéria orgânica nesse sentido desempenha um papel essencial na formação, ligação e estabilidade dos agregados do solo. A redução de seu teor resulta na desagregação do solo (Silva, 2018) e na perda de qualidade. Dessa maneira, quanto maior for a taxa de adição de resíduos ao solo, haverá um aumento nos estoques de matéria orgânica, contribuindo para os processos de agregação do solo e, conseqüentemente, a promoção da estabilidade do sistema (Mazurana et al., 2013).

Contudo, autores como Bellini et al. (2011), Eckhardt, 2015, Silva (2018) e Santos (2021) destacam os inúmeros benéficos da aplicação de fertilizantes orgânicos fornece a longo prazo, estabelecem que a sua aplicação demonstra contribuir para a agregação do solo, bem como melhoria das características químicas, físicas e biológicas de solos cultivados.

Nesse contexto e com base nos dados apresentados, considera-se imprescindível a realização de mais estudos complementares sobre os atributos físicos e químicos do solo do experimento em questão, após a aplicação dos tratamentos. Esses estudos são necessários, uma vez que não foram conduzidos posteriormente à aplicação do fertilizante orgânico, o que ajudaria a elucidar de forma mais precisa sua efetiva contribuição para o solo.

4. Conclusão

Conclui-se neste trabalho que não houve diferença significativa entre os diferentes tratamentos utilizando doses crescentes de fertilizante orgânico a base de esterco bovino.

A falta de diferença estatisticamente significativa encontrada no estudo deve-se ao curto período de condução. Conforme a literatura, é necessário um período maior de avaliação para investigar as atividades metabólicas induzidas pelos microrganismos em relação às diferentes quantidades de matéria orgânica adicionadas pelo fertilizante. É importante considerar a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) como um ponto de referência temporal, pois somente após 60 dias desta fixação se fornecerá nutrientes às plantas. Assim, um período superior a 60 dias após a aplicação do fertilizante orgânico poderia revelar diferenças nas atividades metabólicas de acordo com cada tratamento.

A recomendação de avaliações periódicas junto as atividades metabólicas dos microrganismos apresentam-se igualmente relevante, pois, a medida em que foram aplicadas as concentrações de fertilizante orgânico em cada tratamento pode-se ter ocorrido diferenças de atividades metabólicas desempenhadas pelos microrganismos devido a adição de material orgânico, obtendo-se ao final do experimento uma situação de estabilidade do sistema através da ausência de diferença entre os tratamentos.

A recuperação da vegetação natural na área pode ter influenciado nos elevados valores observados para a biomassa microbiana (BMS) e nos baixos valores de qCO₂ (indicativos de qualidade), assim como influenciou nos valores da respiração basal do solo, obtidos a partir do carbono já presente neste, por meio da decomposição da matéria orgânica conforme avanço

do tempo na área estudada.

A significativa discrepância entre os valores obtidos pelos atributos neste experimento em comparação a outros estudos ressalta a diferença de ambientes com vegetação na contribuição da biodiversidade (evidenciada pelos altos valores de BMS) e para a eficiência na utilização de carbono (baixos valores de qCO₂). Entretanto, é relevante ressaltar que a relação entre a presença de vegetação e a quantidade de microrganismos pode variar de acordo com diversos fatores, tais como o tipo de vegetação, o manejo agrícola adotado e as práticas de conservação do solo. Em certas situações, as áreas cultivadas podem abrigar comunidades microbianas adaptadas e específicas, ainda que menos diversificadas em comparação aos ecossistemas naturais.

Descartando-se inicialmente a contribuição dos fertilizantes orgânicos para as estruturas físicas do solo em um curto período, certas circunstâncias, como o tipo de solo e sua estrutura, podem tê-las influenciado positivamente. Desta forma, estudos mais aprofundados são necessários devido à grande contribuição desses fertilizantes não apenas para com as estruturas físicas, mas igualmente as químicas em pouco tempo. O experimento demonstrou que o uso do fertilizante orgânico líquido no cultivo da alface melhora as características da planta. Concluímos então que após a aplicação de várias doses do produto, a de 9 l/ha tem uma melhor resposta na cultura, onde tivemos melhores resultados, aumentando o rendimento e o número de folhas totais e comerciais e que ao aumentarmos a dose, diminuimos o número de folhas não comerciais, assim diminuindo o desperdício. Estudos acerca da dinâmica desses produtos devem ser frequentes, para que possamos entender cada vez mais e melhorar os processos produtivos, assim aumentando a produtividade e o lucro quando melhoramos as qualidades da planta e damos ao solo melhores condições de produção.

Agradecimentos

A Deus. A Universidade Tuiuti do Paraná pela estrutura e análises. A empresa Organic Able detentora do produto testado.

Referências

- Abranches, M. de O., Alves, M. C., Silva, L. C., Araújo, A. S. F., & Oliveira, A. M. S. (2021). Contribuição da adubação verde nas características químicas, físicas e biológicas do solo e sua influência na nutrição de hortaliças. *Research, Society and Development*, 10(7), e28910716801.
- Alef, K. (1995). Soil respiration. In: Alef, K.; Nannipieri, P. (Eds.). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. San Diego: Academic Press, p. 215-216.
- Algere, A. (2018). Dejetos de aves e suínos no cultivo de hortaliças (Dissertação de Mestrado) Tecnologia de Bioprodutos Agroindústrias, Universidade Federal do Paraná, Palotina. <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/54597>.
- Anderson, J. P. E. & Domsch, K. H. (1978). A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 10, 215-221.
- Anderson, T. H. & Domsch, K. H. (1993). The Metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 25, 393-395.
- Benzatto, D.A. & Kronka S.N. (2006). Experimentação Agrícola. FUNEP. 4, 237.
- Barbosa Silva, J. da C. (2018). *Utilização de Biofertilizante Bovino Líquido em Cultivo de Alface Crespa (Vc. Vanda)* (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de São Carlos, Araras, SP.
- Belinato, L. D. C., Baretta, C. R. D. M., Solivo, R., Spagnollo, E. & Oliveira, P. A. (2017). Respiração basal do solo sob diferentes fontes de adubos orgânicos em experimento de longa duração. In *Anais do I Simpósio Sul em Ciências Ambientais* (pp. 19-21). Lages, SC: Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – UDESC.
- Bellini, G., Filho, E. S., & Moreski, H. M. (2011). Influência da aplicação de um fertilizante biológico sobre atributos físicos e químicos do solo. In *Anais do VII Encontro Internacional de Produção Científica*. Maringá, PR.
- Blat, S. F., et al. (2011). Desempenho de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico. *Horticultura Brasileira*, 29(1), 135-138. <http://www.scielo.br/scielo.php?script>.
- Bonela, G. D., Santos, W. P., Alves Sobrinho, E. A., & Gomes, E. J. C. (2017). Produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes residuais de matéria orgânica. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 7, 66-74.

- Childs, G. M. F. (2007). Efeitos de herbicidas na microbiota do solo em sistema fechado. (Tese de doutorado), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, SP.
- Cirino, E., Veiga, L., Antunes, M., Alves, V., & Valdo, V. O. P. (2021). *O uso de fertilizantes e seus impactos ambientais*. (Trabalho de Conclusão). Curso Técnico de Química. ETEC Benedito Storani.
- Eckhardt, D. P. (2015). Fertilizantes orgânicos: Índice de eficiência e produção de alface, cenoura, e mudas de eucalipto. (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. RS.
- Embrapa. (2007). Biomassa Microbiana do Solo. In *Documentos 205*.
- Embrapa. (2022). Alface, Rainha das saladas. Hortalica não é só salada. EMBRAPA Hortalicas, Brasília, DF. <https://www.embrapa.br/hortalica-nao-e-so-salada/alface>.
- Farias, D. B. dos S., Lucas, A. A. T., Moreira, M. A., Nascimento, L. F. de A., & Sá, J. C. F. (2017). Cobertura do solo e adubação orgânica na produção de alface. *Revista de Ciências Agrárias*, 60(2), 173-176.
- Fertisystem. (s.d.). Quais os problemas gerados pelo excesso na fertilização e como resolvê-los. <https://www.fertisystem.com.br/m/blog/60d4b0525639c367d906d5d4/quais-os-problemas-gerados-pelo-excesso-na-fertilizacao-e-como-resolve-los>.
- Figueiredo, C. C., & Ramos, M. L. G. (2009). Biomassa microbiana do solo e produção de alface em função da dose de N e adubo orgânico. *Revista de Biociências*, 25(3).
- Figueiredo, K. M. (2017). Produção de Alface Americana em Função da Fertilização com Organo-Mineral. *Enciclopédia Biosfera*, 14(25).
- Finatto, J., Altamayer, T., Rodrigues, M., Basso, V., & Hoehne, L. (2013). A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura. *Revista Destaques Acadêmicos*, 5(4), 85-93.
- Freitas, A. L. (2020). *Influência da aplicação de esterco bovino no estado nutricional de Moringa oleífera LAM. nas propriedades químicas e microbiológicas do solo*. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.
- Giller, K. E., Witter, E., & McGrath, S. P. (1998). Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial processes in agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(11), 1389-1414.
- Hentz, P., & Carvalho, N. L. (2013). Impactos ambientais da fertilização orgânica em sistemas agropecuários na região sul-brasileira. *Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas*, 18(1), 340-352.
- Henz, G. P., & Suinaga, F. (2009). Tipos de alface cultivados no Brasil. Brasília, DF: EMBRAPA. (Comunicado Técnico, n. 75).
- Hungria, M., Franchini, J. C., Brandão-Junior, O., Kaschuk, G., & Souza, R. A. (2009). Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term experiment with three soil tillage and two crop-rotation systems. *Applied Soil Ecology*, 42, 288-296.
- Islam, K. R., & Weil, R. R. (2000). Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 79, 9-19.
- Ker, J. C., et al. (2012). Pedologia: fundamentos. In: Ker, J. C., et al. (Ed.), *SBCS*, p. 343.
- Lopes, A. A. C., Sousa, D. M. G., Chaer, G. M., Junior, F. B. R., Goedert, W. J., & Mendes, I. C. (2013). Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield and organic carbon. *Soil Science Society of America Journal*, 77, 461-472.
- Mazurana, M., Fink, J. R., Camargo, E., Schmitt, C., Andrezza, R., & Camargo, F. A. O. (2013). Estoque de Carbono e atividade microbiana em sistema de plantio direto consolidado no Sul do Brasil. *Revista de Ciências Agrárias*, 36(3), 288-296.
- Melo, W. S. (2020). *Adubação da cultura da soja com fertilizante orgânico produzido a partir de carcaças de frango* (Dissertação de Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - PR.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). (2009). Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa SDA No 25, de 23 de julho de 2009.
- Mohanta, T. K., Bashir, T., Hashem, A., & Abd Allah, E. F. (2017). Systems biology approach in plant abiotic stresses. *Plant Physiology and Biochemistry*, 121, 58-73.
- Monteiro, A. F. Filho, Azevedo, M. R. Q. A., Azevedo, C. A. V., Fernandes, J. D., Silva, C. R., & Silva, Y. S. (2017). Growth of hydroponic lettuce with optimized mineral and organomineral nutrient solutions. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21(3), 191-196.
- Moreira, F. M. S., & Siqueira, J. O. (2006). Microbiologia e bioquímica do solo (2a ed.). Ed. UFLA.
- Netto-Ferreira (2020). *Fertilizantes Organominerais à Base de Biossólidos: Estratégia para o Aumento da Eficiência no Uso de Nutrientes em Planossolos* (Dissertação de Mestrado em Agronomia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
- Oliveira, L. C., Stangarlin, J. R., Lana, M. C., Simon, D., & Zimmermann, A. (2009). Biomassa microbiana em cultivo de alface sob diferentes adubações orgânicas e manejo da adubação verde. *Anais do VI CBA e II CLAA - Agroecossistemas/Produção Vegetal*, 4(2), 1.
- Peixoto, J. Filho, Freire, M. B. G. S., Freire, F. J., Miranda, M. F. A., Pessoa, L. G. M., & Kamikura, K. M. (2013). Produtividade de Alface com Doses de Esterco de Frango, Bovino e Ovíno em Cultivos Sucessivos. *Revista Brasileira Agrícola e Ambiental*, 17(4), 419-424.

- Pereira, E. J. Filho. (2020). Diferentes dosagens de esterco bovino no cultivo de alface Americana. (Trabalho de Conclusão de Curso) Graduação em Agronomia, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia.
- Pereira, L. B., Arf, O., Santos, N. C. B., Oliveira, A. E. Z., & Komuro, L. K. (2015). Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema de produção orgânico. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 45(1), 29-38.
- Picazevicz, A. A. C., et al. (2020). Crescimento e produção de alface em resposta a níveis de drilocomposto e NPK. *Colloquium Agrariae*, 16(3), 18-26. Instituto Federal de Rondônia – IFRO, Campus Cacoal, RO.
- Roel, A. R., Leonel, L. A. K., Favaro, S. P., Zatarim, M., Momesso, C. M. V., & Soares, M. V. (2007). Avaliação de fertilizantes orgânicos na produção de alface em Campo Grande, MS. *Scientia Agraria*, 8(3), 325-329.
- Rogowski, P., Wasilewska-Dębowska, W., Krupnik, T., Drożak, A., Zienkiewicz, M., Krysiak, M., & Romanowska, E. (2019). Photosynthesis and organization of maize mesophyll and bundle sheath thylakoids of plants grown in various light intensities. *Environmental and Experimental Botany*, 162, 72-86.
- Sala, F. C., & Costa, C. P. da. (2012). Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, 30(2), 187-194.
- Santiago, A. D., & Rossetto, R. (2022). Cana: Adubação Orgânica. EMBRAPA.
- Santos, A. C. B. (2021). A transformação de resíduos orgânicos em biofertilizantes visando a redução de custos e melhorias sustentáveis ao meio ambiente. https://www.convibra.org/congresso/res/uploads/pdf/artigo_pdfYWzQZN01.04.2021_11.25.13.pdf.
- Santos, A. G., et al. (2021). Produtividade de *Lactuca sativa* L. cultivada sob doses de composto orgânico e biofertilizante. *Brazilian Journal of Development*, 7(1), 8481-8496. Curitiba, PR.
- Santos, L. L., Junior, S. S., & Nunes, M. C. M. (2010). Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. *Revista de Ciências AgroAmbientais*, 8(1), 83-93.
- Santos, V. M., & Maia, L. C. (2013). Bioindicadores de qualidade do solo. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica*, 10, 195-223.
- Schmidt, R. O., Sana, R. S., Leal, F. K., Andreazza, R., Camargo, F. A. O., & Meurer, E. J. (2013). Biomassa e atividade microbiana do solo em sistema de produção de olerícola orgânica e convencional. *Ciência Rural*, 43(2), 270-276.
- Sedyama, M. A. M., Magalhães, I. de P. B., Vidigal, S. M., Pinto, C. L. de O., Cardoso, D. S. C. P., Fonseca, M. C. M., & Carvalho, I. P. L. de. (2016). Uso de fertilizantes orgânicos no cultivo de alface Americana (*Lactuca sativa* L.) Kaiser. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 6(2), 66-74.
- Severino, L. S., Costa, F. X., Beltrão, N. E. M., Lucena, M. A., & Guimarães, M. M. B. (2004). Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 5, 20-26.
- Silva, F. A. M., Villas Boas, R. L., & Silva, R. B. (2010). Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos. *Acta Scientiarum Agronomy*, 32(1), 131-137.
- Silva, G. B. P. da, & Silva, R. P. da. (2019). Manejo nutricional da alface – O que é preciso saber. *Revista Campo e Negócio Online, Uberlândia, MG*.
- Silva, J. A. (2021). *Cultivo de Alface (Var. Guarujá) em bancada sob dois níveis de luminosidade e diferentes alturas do sombreamento*. (Trabalho de conclusão de Curso), Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense.
- Silva, M. S. (2018). *Efeito de esterco bovino em atributos químicos e físicos do solo, produtividade de milho e créditos de nitrogênio*. (Dissertação de Mestrado), Universidade Estadual Paulista, Campus Jaboticabal, Jaboticabal, SP.
- Silva, N. R., Camargo, A. P. F., & Batista, D. R. (2013). Produção orgânica de alface adubada com diferentes tipos de compostos orgânicos. *Enciclopédia Biosfera*, 9(17), 2151.
- Silva, R. de S. (2019). *Produção de alface utilizando doses de esterco bovino*. (Trabalho de Conclusão de Curso). Bacharelado em Agronomia, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Pombal, PB.
- Silva, W. M., Cremon, C., Mapeli, N. C., Tieppo, R. C., Carvalho, J. M., Longo, L., Ferri, M., & Magalhães, W. A. (2010). Emissão de CO₂ e potencial de conservação de C em solo submetido à aplicação de diferentes adubos orgânicos. *Revista Agrarian*, 3(7), 34-43.
- Siqueira, A. P. P., & Siqueira, M. F. B. (2013). Bokashi, adubo orgânico fermentado. *Programa Rio Rural*, p. 16.
- Soares, S. C. (2020). *Estrutura e funcionalidade da comunidade microbiana do solo sob rotação de culturas em plantio direto submetido à aplicação de dejetos líquidos bovinos a longo prazo* (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo.
- Souza, J. L., & Resende, P. L. (2006). *Manual de Horticultura Orgânica* (2a ed.). Viçosa: Aprenda Fácil.
- Souza, R. L. de. (2022). *Identificação molecular e patogenicidade de espécies de *Berkeleyomyces* associadas a hortaliças no Brasil com ênfase na cultura da Alface* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE.
- Sparling, G. P. (1992). Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Australian Journal of Soil Research*, 30, 195-207.
- Tisdall, J. M., & Oades, J. M. (1982). Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, 33, 141-163.
- Vilela, N. J., & Luengo, R. de F. A. (2022). Produção de hortaliças folhosas no Brasil. *Revista Campo & Negócios Online, Uberlândia, MG*.

Villas Baas, R. L., Passos, J. C., Fernandes, D. M., Bull, L. T., Cezar, V. R. S., & Goto, R. (2004). Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 22(1), 28-34.

Villas Boas, R. L., Backes, C., De Souza, T. R., & Mota, P. R. D. (2019). Manejo da Fertirrigação de hortaliças.

Wardle, D. A., & Ghani, A. (1995). A critique of the microbial metabolic quotient (qCO₂) as a bioindicator of disturbance and ecosystem development. *Soil Biology and Biochemistry*, 27, 1601-1610.

Ziech, A. R. D., Conceição, P. C., Luchese, A. V., Paulus, D., & Ziech, M. F. (2014). Cultivo de alface em diferentes manejos de cobertura do solo e fontes de adubação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(9), 948-954.